



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**“Análisis de los indicadores energéticos para optimizar su consumo en la empresa  
Allus Spain S.L sucursal del Perú”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Br. Irwing Joel Bernabé Barrueto (ORCID: 0000-0001-7649-4076)

**ASESOR:**

Dr. Aníbal Jesús Salazar Mendoza (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación transmisión y distribución

**CHICLAYO – PERÚ  
2019**

## **Dedicatoria**

*A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.*

*A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida.*

*A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por el conocimiento que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.*

*El autor.*

## **Agradecimiento**

*Agradezco en primer lugar a Dios quien nos dio la vida y me ha llenado de bendiciones en todo este tiempo, a él que con su infinito amor me ha dado la sabiduría suficiente para culminar mi carrera universitaria.*

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento, reconocimiento y cariño a mi madre Lucero Barrueto, por todo el esfuerzo que hizo para darme una profesión y hacer de mí una persona de bien, gracias por los sacrificios y la paciencia que demostraste todos estos años.*

*A mi querida esposa, mi hijo Mathías, y a mis hermanos porque con su apoyo incondicional, supieron comprender en cualquier decisión y siempre confiaron en mí.*

*A William Bernabé y a todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron a crecer como persona y como profesional.*

*Agradezco también de manera especial a mi asesor de tesis quién con sus conocimientos y apoyo supo guiar el desarrollo de la presente tesis desde el inicio hasta su culminación.*

*El Autor.*

## **Página del jurado**

## Declaratoria de autenticidad

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Irwing Joel Bernabé Barrueto,  
estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la  
Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 47012266, con el  
trabajo de investigación titulada,  
"Análisis de los Indicadores Energéticos para optimizar  
su consumo en la empresa Allus Spain S.C. sucursal  
del Perú"

#### Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 05 de Marzo, 2020

Nombres y apellidos Irwing Joel Bernabé Barrueto  
DNI 47012266  
Firma



## Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado .....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
Índice .....	vi
Índice de Figuras .....	viii
Índice de Tablas.....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Realidad Problemática .....	1
1.2 Trabajos Previos. ....	2
1.3 Teorías Relacionadas al tema. ....	3
1.4 Formulación del Problema.....	19
1.5 Justificación del Estudio. ....	19
1.6 Hipótesis. ....	20
1.7 Objetivos.....	20
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>21</b>
2.1 Diseño de Investigación.....	21
2.2 Variables, Operacionalización.....	21
2.3 Población y Muestra. ....	23
2.4 Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos. ....	23
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>26</b>
3. Medición, registro y análisis de la situación actual del sistema eléctrico – auditoria del sistema eléctrico. ....	26

3.1 Descripción general de la Empresa Allus Spain.....	26
3.2 Recopilación de información.....	26
3.3 Subestación de transformación.....	26
3.4 Sistema de emergencia .....	27
3.5 Levantamiento de carga.....	27
3.6 Mediciones del sistema eléctrico de la empresa Allus Spain .....	30
3.7 Desarrollo de la propuesta .....	51
3.8 Metodología a aplicar .....	51
3.9 Diseño y presupuesto del banco de capacitores.....	54
3.10 Como elegir el banco de capacitores .....	56
3.11 Evaluación económica de la propuesta.....	60
<b>IV. DISCUSIÓN .....</b>	<b>63</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>64</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>67</b>
Acta de aprobación de originalidad de tesis .....	76
Reporte turnitín.....	77
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV.....	78
Autorización de versión final del trabajo de investigación .....	79

## Índice de Figuras

Figura 1. Tipos de perturbaciones .....	6
Figura 2. Armónicos múltiplos enteros de la frecuencia fundamental .....	9
Figura 3. Potencia de distorsión .....	12
Figura 4. Triangulo de potencia.....	13
Figura 5. En la salida baja tensión .....	16
Figura 6. A la entrada de las maquinas.....	17
Figura 7. En los bordes de cada receptor de tipo inductivo.....	17
Figura 8. Equipos de medición y pruebas.....	24
Figura 9. Analizador de redes Fluke 435.....	31
Figura 10. Esquema de instalación equipo. Fluke .....	31
Figura 11. Potencia activa. ....	34
Figura 12. Registro estadístico – potencial. activa .....	34
Figura 13. Potencia reactiva. ....	35
Figura 14. Registro estadístico-potencial reactiva.....	36
Figura 15. Registro estadístico - potencial aparente.....	36
Figura 16. Registro estadístico - potencial aparente.....	37
Figura 17. Esquema potencial. ....	38
Figura 18. Registro estadístico - potencial aparente.....	38
Figura 19. Esquema de potencia.....	39
Figura 20. Factor de potencia del transformador.....	40
Figura 21. Registro estadístico de potencia. ....	40
Figura 22. Variador de voltaje con respecto a tiempo. ....	41
Figura 23. Variaciones de tensión. ....	42
Figura 24. Flicker subestación A.....	43
Figura 25. Valor máximo de corriente. ....	44
Figura 26. Registro estadístico de valores de corriente. ....	45
Figura 27. Distorsión armónica de transformadores. ....	46
Figura 28. Valores máximos - 5ta armonía. ....	47
Figura 29. Valores de distorsión armónica total THDI. ....	48
Figura 30. Corriente- flujo de carga y potencia activa. ....	48
Figura 31. Factor y tendencia. ....	49
Figura 32. Corriente, factor y tendencia. ....	50



## Índice de Tablas

Tabla 1. Nivel de exigencia del entonces en comparación con otros países. ....	9
Tabla 2. Datos transformación principal. ....	27
Tabla 3. Datos transformadores integrales de medición.....	28
Tabla 4. Circuitos de tableros principales s.e.a. ....	28
Tabla 5. Tiempos de medición de transformadores subestaciones "a".....	32
Tabla 6. Datos de los transformadores subestaciones "a". ....	33
Tabla 7. Valores de corriente en fases.....	44
Tabla 8. Resumen de parámetros de factor de potencia. ....	51
Tabla 9. Presupuesto del banco de condensadores de 480 kvar para subestaciones "a". ....	55
Tabla 10. Consumo de energía reactiva por 1 año empresa Allus Spain. ....	61

## RESUMEN

Este trabajo de investigación se ha realizado con el propósito de mejorar la calidad de energía eléctrica en la empresa Allus Spain S.L. Sucursal Perú de la ciudad de Chiclayo para el cumplimiento de la Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos 020-97-EM y proponer además alternativas de solución para reducir los costos de penalización por bajo factor de potencia que mensualmente factura la Concesionaria Electronorte S.A. a esta empresa. Tiene como objetivo realizar un análisis de los indicadores eléctricos y una evaluación técnica del consumo de energía eléctrica, a través del monitoreo y censados al sistema eléctrico, para establecer el estado situacional actual de los consumos de energía eléctrica.

Se instaló un Analizador Trifásico de Calidad de Energía en el transformador y tableros principales de la subestación existente en la empresa Allus Spain, y por medio de la información que este arroja se procedió con el análisis de las mediciones, adicionalmente se realizó el levantamiento de carga de esta empresa; y en base al análisis de las mediciones se procede a plantear la propuesta con la evaluación técnica y económica; al final de la investigación se añade conclusiones y recomendaciones a seguir.

**Palabras claves:** Índice Energético, Potencia Efectiva, Ahorro Energético.

## **ABSTRACT**

This research work has been carried out with the purpose of improving the quality of electrical energy in the company Allus Spain S.L. Peru Branch of the city of Chiclayo for the fulfillment of the Technical Standard of Quality of Electric Services 020-97-EM and also propose alternative solutions to reduce the penalization costs for low power factor that monthly invoices the Concessionaire Electronorte S.A. to this company.

Its objective is to carry out an analysis of the electrical indicators and a technical evaluation of the consumption of electrical energy, through monitoring and census of the electrical system, to establish the current situational state of electricity consumption. A three-phase Energy Quality Analyzer was installed in the transformer and main boards of the existing substations in the company Allus Spain, and through the information that this throws proceeded with the analysis of the measurements, additionally the load survey was performed of this business; and based on the analysis of the measurements, the proposal with the technical and economic evaluation is proposed; At the end of the investigation, conclusions and recommendations to be followed are added.

**Keywords:** Energy Index, Effective Power, Energy saving.

## **I. INTRODUCCIÓN.**

### **1.1 Realidad Problemática**

#### **1.1.1 A nivel internacional**

“[...] En la dificultad de energía del medioambiental actual a nivel del mundo, que tiene una manifestación muy finita horizontalmente muy posibles [...] para los combustibles en este caso no renovables sabiendo que el calentamiento global o del planeta produce el efecto llamado invernadero.” (Agencia La Energía, 2011, p.10).

“[...] se ha planteado renovar administraciones para mejorar las políticas de energía, así contribuir a la educación de tomar conciencia en el buen uso y desuso racional de la energía, siendo estas ideas muy importantes por la gran ayuda que pueden brindar a nuestro planeta, al medio ambiente y para la economía nacional, ya que con la el bajo consumo de electricidad la facturación mensual disminuirá, y al mismo tiempo disminuirémos en gran porcentaje la emisión de gases tóxicos que salen de centrales termoeléctricas”. (Agencia La Energía, 2011, p.10).

En el Ecuador se ha desarrollado mucho la industria alimentaria, y posteriormente aumento su consumo de electricidad en sus últimos años con una gran demanda.

#### **1.1.2 A nivel Nacional**

Ministerio energía y minas viene desarrollando planes y campañas de cómo ahorrar energía eléctrica, estas charlas viene dando se en la regiones y provincias de todo el Perú, también se está realizando foros para concientizar a la población y así tomar conciencia con el daño que le aemos a nuestro medio ambiente.

#### **1.1.3 A nivel Local**

La Emp. ALLUS SPAIN - SUCURSAL DEL PERÚ tiene 03 años de funcionamiento en el Local Situado en la Av. Sáenz Peña N°355 - Chiclayo, el mismo que se encuentra alimentado por el único punto de Suministro N° 36717837 de la concesionaria Electronorte S.A.

El desconocimiento de las personas encargadas del Global Center – Omnicanal de telecomunicaciones en cuanto a realizar seguimiento y un control de la energía eléctrica, ocasiona que en Local funcione con algunos parámetros que están fuera del límite que establece la norma, anormalidades que son producidas por cargas no lineales de equipos instalados en este centro de telecomunicaciones.

Entre las dificultades técnicas que se acontece a diario son: disminución de factor de potencia, presencia, en armónicos y aumentando su intensidad con las perdidas en el conductor e incrementando su demanda en horas pico, fallas en el sistema eléctrico, des-conexiones del servicio sin que se pueda determinar las causas entre otros efectos, por lo que es necesario realizar un análisis de energético y plantear una propuesta donde se establezcan mecanismos y procedimientos para mejorar los parámetros eléctricos.

## 1.2 Trabajos Previos.

“[...] En su tesis titulada “modelo de gestión energética” en la Universidad Nacional De Colombia”.

“El autor identifica la causante de las alteraciones por la falta de la optimación que tenemos en el aumento del consumo eléctrico ya sea producido por grupos electrógenos y utilizando combustibles fósiles el petróleo y gasolina”. (Salazar, 2011, pp.54).

“análisis de consumo energético”, Universidad de Talca. Curicó-chile.

En la propuesta principal el autor manifiesta el alto índice de consumo de energía en la generación de la electricidad aplicando energía térmica.

Así mismo da un alcance de cómo se manifiesta el alcancen su sistema de optimizar su consuma. (Castillo, 2014, pp.145)

con su tesis “[...] Ahorro energético en el sistema eléctrico de la universidad de Piura”

En esta tesis el autor a echo un análisis completo de las cargas eléctricas que se tiene en la universidad dando como conclusión el gran aumento en el consumo, en referencia al consumo de iluminación. (Fiestas, 2011, pp.100).

en su proyecto “Diseño y propuesta de un plan de gestión [...]” UPN. Trujillo –Perú.

“[...] En su tesis, los autores describen la gran problemática que manifiesta la universidad en sus equipos eléctricos, teniendo un mal plan de gestión de mantenimiento eléctrico y esto con lleva a realizar un plan moderno y eficiente. (Urbina, 2011, pp.132).

En UNPRG, Vásquez. (2016) hizo una investigación y estudio [...] “Auditoría Energética del Sistema Eléctrico” se tuvo que realizar objetivos de analizar y luego disminuir el consumo presentado en facturas antiguas, y aplicando una gestión para así lograr su ahorro eléctrico. (pp 25).

### 1.3 Teorías Relacionadas al tema.

#### 1.3.1 Definición: La calidad

La calidad nace con los primeros productos manufacturados por el hombre, e inicialmente se define como “aptitud para el uso [...]”, con el tiempo además de buscar que los productos manufacturados sean aptos para el uso, debían ser estéticos, lo que implicaba que tengan ciertas características que podían ser valoradas por el cliente.

Hoy en día, la durabilidad del producto, es el conocimiento que el técnico tiene de un producto, es un afianzamiento psicológico del consumidor que toma consentimiento del producto y servicio la capacidad del mismo para compensar sus necesidades. (Carro, 2004, p. 83).

#### 1.3.2 Aspecto legal

Principales leyes, normas y reglamentos nacionales:

##### ➤ LEYES DE CONCESIONES ELÉCTRICAS Y SU REGLAMENTO.

Las leyes y normas que rigen en el Perú, son de concesiones eléctricas, establecidas en el año 1992, y por su reglamento promulgado en el año 1993, de acuerdo con la ley, se divide en tres los sectores el sistema eléctrico: generación, transmisión y distribución. En el año 2000 el sistema del Perú está formado por solo un sistema llamado interconectado nacional, completando un algún sistema aislado. (Carro, 2004, p. 83).

##### ➤ Norma técnica y calidad del servicio eléctrico

La (NTCSE), así se puede comprobar los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos; en la implementación y una ejecución recaerá en OSINERMIN, y así la aplicación de penalidades y compensaciones, tanto a empresas como a usuarios en caso de incumplir las normas. (Carro, 2004, p. 83).

### 1.3.3 Calidad de la energía eléctrica

Cuando se dice (CEE), se dice a una combinación de caracteres de los cuales el producto y el servicio del suministro eléctrico corresponden a las expectativas del usuario. (MEM, 2011, p. 10).

Existen 4 parámetros para tener buena Calidad de Energía Eléctrica:

- ✓ No deben de existir interrupciones en el suministro eléctrico (debe haber continuidad).
- ✓ El voltaje tiene que estar en rangos permisibles.
- ✓ Su frecuencia debe estar dentro de tolerancias admitidas.
- ✓ La electricidad debe tener forma de onda senoidal.

La continuidad, representa el tiempo en que las señales de corriente y tensión son usadas por la población, y los otros, representan la Energía Eléctrica de calidad, dada como el producto del voltaje y por la intensidad.

Los disturbios y perturbaciones, desviación del valor nominal de la voltaje, intensidad y frecuencia, son dadas únicamente por tensión y sub tensión de voltaje entre otras. Es por esto que nace una necesidad de saber y contar con equipos y un buen servicio que nos den soluciones en la eficiencia, certificando la secuencia de las operaciones diarias del usuario. (MEM, 2011, p. 10).

En la actualidad, la calidad de energía, obtenida asido con mucha importancia, floreciendo quizás lo más importante de la indagación en el aumento de competitividad y productividad en la empresa, por el motivo que existen una interrelación en calidad y eficiencia y a la producción.

Según la norma NTCSE se toman en cuenta estos parámetros para calidad de producto. (MEM, 2011, p. 10).

Se puede resumir que en la calidad resulta de un buen servicio con ausencia en cortes o interrupciones producidas por armónicas en la línea y sobre todo en la variación de voltaje.

En los años siguientes se va incrementar el equipamiento de la empresa Allus Spain, en especial con cargas no lineales sensibles, como consecuencia y por si solas resultan siendo unas degradaciones en su calidad de energía.

Es indispensable el usar la energía y asimismo el ahorro ya que eso comprende el desarrollo del sector industrial y también del sector energético peruano,

mismo que se ha visto afectado en el alto de su crecimiento de la energía eléctrica y su gran demanda, el poco interés en el campo de la producción de la misma. (MEM, 2011, p. 10).

#### 1.3.4 Indicadores de la Calidad de producto

##### 1.3.1.1 Tensión.

$$\Delta V_K (\%) = \frac{V_K - V_N}{V_N} \times 100\% \dots (\text{expresada en } \%)$$

- a) **Tolerancias.** - son las admitidas en la tensión nominal, estos son los puntos de entrega de voltaje, en todas las formas y sobre todos los niveles de tensión, hasta 5% (+, -) de las TM. En los servicios secundarios se clasifica como urbano o rurales es de 7%(+, -).
- b) **Frecuencia.** – cuando se realiza una medición en su frecuencia de llegada, con un intervalo de una medición aproximado de 15 minutos en su tiempo de duración, dando como respuesta la diferencia de la medición y sus valores de frecuencia en su medición poniendo en cualquier punto de la red de intensidad.

$$\Delta f_K (\%) = \frac{f_K - f_N}{f_N} \times 100\% \dots (\text{expresada en } \%)$$

En las tolerancias sobre sus voltajes y los puntos de llegada y todos los niveles de tensión:

- V Sostenidas ( $\Delta f_k (\%)$ ):  $\pm 0.6 \%$ .
- V Súbitas (VSF'):  $\pm 1.0 \text{ Hz}$ .
- V Diarias (IVDF'):  $\pm 12.0 \text{ Ciclos}$

##### c) **Perturbaciones en el sistema eléctrico**

Es el conjunto que afectan las funciones de los dispositivos o en este caso equipos eléctricos de potencias, tabulaciones estas son causadas por las condiciones de operación de circuito o sistema de suministro de la electricidad. Con sus fuentes más frecuentes de perturbaciones son ellos los fenómenos atmosféricos (rayos, viento).



#### d) Efectos de las Perturbaciones

En las perturbaciones son 2 defectos en forma general:

1. Efectos inmediatos. Esto es cuando se ase maniobras intempestivas.
2. Efectos diferidos. Estos es cuando los equipos presentan desgastes y fugas de corrientes, producidas por el calentamiento.

#### e) Clasificación de las Perturbaciones

La Norma IEEE 1159 – 1995, las perturbaciones se clasifican en siete categorías según su contenido espectral, su magnitud y su duración, como en la figura siguiente se indica.

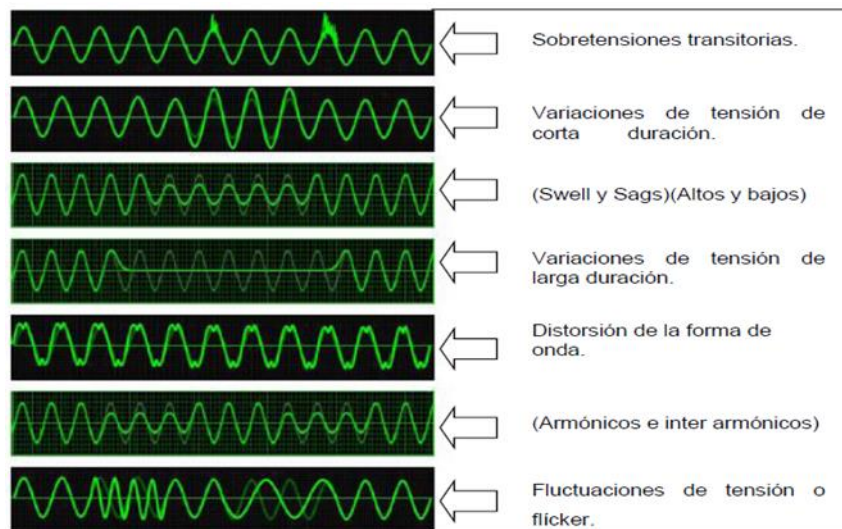


Figura 1. Tipos de perturbaciones

#### f) Flícker

Es una sensación fisiológica perceptible por el ser humano ocasionada por las perturbaciones del voltaje, se presentan principalmente en la variación de la intensidad en la iluminación, que a su vez produce una sensación molesta a la vista.

El flícker está producido por las fluctuaciones de voltaje, las variaciones cíclicas del valor eficaz, los cambios aleatorios y también los cambios momentáneos de voltaje.

**g) Efectos:**

Cuando se causa daño en el efecto flicker es desgastar una calidad de tenciones, en su mayoría de equipos que se requieren un tiempo prolongado en su uso no se puede preservar es tipo de cambios.

Cuando se dice el efecto flicker se viene a manifestar en mayor escala con las cargas de iluminación en las lámparas cansando un muy pronto cansancio.

Las constantes variaciones en el flujo luminoso. Creando unas molestias generales en la visión. Por lo consecuente se podría sacar conclusiones de un análisis de las variaciones sinodales.

conclusión, en este caso se puede decir que el flícker es el parpadeo incandescente de la iluminación se debe a las fluctuaciones de la tensión entre 0.5 y 25 Hz.

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}}$$

donde :

*Pst: índice de severidad de flicker de corta duracion.*

*P<sub>0.1</sub>, P<sub>1</sub>, P<sub>10</sub>, P<sub>50</sub> :niveles de efecto flickerque se sobre pasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%50% del tiempo total del periodo de observacion.*

**h) Límites**

Cuando la forma de servir del flicker pst es su punto de medición, no se debe dejar alejar de su unidad ( $P_{st} \leq 1$ ) en Muy Alta, Alta, Media ni Baja voltajes. Es considerada el límite  $P_{st}= 1$  con el umbral de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que se puede soportar sin fastidiar al ojo de los humanos con su contenido de la muestra específica en la población.”

### i) Armónicos

Llamado armónicas a las ondas de voltajes, e intensidades cuyas frecuencias son varias mayores que su frecuencia, fundamental de la mencionada red (60Hz - Perú) se Comprende frecuencias hasta un máximo de 2400 Hz”.

El Factor de Distorsión Total por Armónicas (THD) se definido como:

$$THD = \left( \sqrt{\sum_{i=2...40} \frac{V_i^2}{V_N^2}} \right) \times 100\%$$

donde:

$V_i$ =el valor eficaz (RMS) de la tension armonica i(para  $i = 2 \dots 40$ )expresada en voltios.

$V_N$ = la tension nominal del equipo del punto de medicion expresada en voltios.

#### ❖ Tipos de armónicos

- Los armónicos pares no son fallas o problemas causadas en las instalaciones.
- Los armónicos impares sí, especialmente el quinto armónico y el tercer armónico. El tercer armónico es causado en gran parte por cargas monofásicas y el quinto por las trifásicas.

En 1985, el 25% de las cargas eran “electrónicas”, en 1993 el número se incrementó a 50%, y hoy en día, es cerca de 65%.

No Generan Armónicas:

1. Resistores de resistencia constante.
2. Lámparas incandescentes.
3. Inductores con núcleo de aire.
4. Capacitores.
5. Equipo para producir calor por efecto joule.

Generan Armónicas:

1. Resistencia de arco eléctrico.
2. Lámparas de descarga.
3. Inductores con núcleo de hierro.

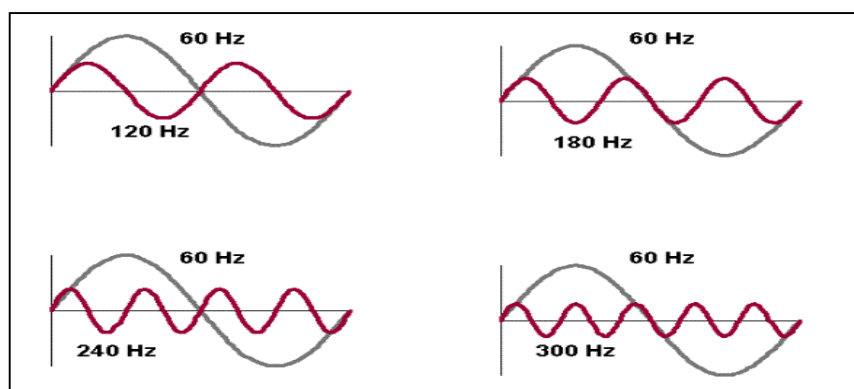


Figura 2. Armónicos múltiplos enteros de la frecuencia fundamental

$$f_{\text{harmonics}} = n \times 60 \text{ Hz}$$

- ❖ En nuestro país la mayor parte de nuestro servicio de distribución estaba a manos de empresas estatales las cuales tenían un mal funcionamiento y una mala gestión, lo cual ocasionaba que la norma (NTCSE) no fuera cumplida mayoritariamente. Posteriormente muchas de estas empresas se hicieron privadas y realizaron inversiones para la calidad de producto.

Las tolerancias de la norma peruana son muy exigentes en comparación con otras normas internacionales, tal como se muestra en cuadro siguiente comparativo.

**Tabla 1.** Nivel de exigencia del entonces en comparación con otros países.

COMPARACION DE EXIGENCIA						
CALIDAD DE TENSION	Peruana	Argentina	Colombia	Brasil	España	Europa
Variación de	± 5 % Vn	± 5 % Vn	+ 5 % y	+ 6 % y	± 10 % Vn	± 10 % Vn
Larga duración	15 min		-10%Vn	-14%Vn		10 min
implementación	18 meses	48 meses	x	x	x	x

Fuente: Normas de Calidad de Tensión de cada país – el autor

### 1.3.5 Indicadores de mediciones del analizador de redes

Descripción de la operación de parámetros eléctricos registrados:

#### 1.3.5.1. Parámetro de tensión media (V).

Se denomina media tensión se estableció su uso en las empresas eléctricas por referirse a sus tensiones de distribución. En el caso de nuestro país para el buen uso y así referirse a las instalaciones con tensiones entre 1 Y 30 Kilos voltios. (OSINERGMIN, 2016, p.15).

#### 1.3.5.2. Tensión por fases diario

Las fases indican las situaciones instantáneas del ciclo, de una magnitud que cambia cíclicamente. En la tensión o voltaje está dado por la diferencia de potencial en una determinada fase. (OSINERGMIN, 2016, p. 16).

#### 1.3.5.3. Parámetro de intensidad de corriente (I)

La Intensidad eléctrica es un flujo de cargas eléctricas por una unidad de su tiempo que recorre un material, esto se debe al movimiento de uno electrones en la parte interna de un material. En el SI se escribe en amperios (culombios sobre segundo). (OSINERGMIN, 2016, p.16).

#### 1.3.5.4. Intensidad de corriente por fase

Se refiere a la cantidad de electrones que pasa por un conductor en un segundo esto es llamado intensidad en Amperios (A) para determinar la intensidad por fases.

#### 1.3.5.5. Parámetro de potencia activa (W)

Es la (Pa) es la fuerza capaz de transformar la energía eléctrica en trabajo. Esta potencia.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = U \times I \times \cos\phi \text{ (Sistema Monofásico)}$$

$$P = \sqrt{3} \times U \times \cos\phi \text{ (Sistema Trifásico)}$$

Dónde:

P: Potencia activa

U= Tensión de la red (tensión de línea) (entre fases)

I= Corriente de la línea

$\phi$ = Ángulo de desfase entre el voltaje y la corriente.

#### 1.3.5.6. Parámetro de potencia reactiva (Q)

“[...] La Potencia reactiva en una energía, no se aprovecha en sistema más a lo contrario genera pérdidas gastos adicionales, estas son generadas cuando en el circuito existe cargas de motores eléctricos como también bobinas y condensadores, teóricamente la potencia reactiva es una corriente de ida y vuelta; [...] es decir cuando haya elementos que almacenen energía, estos almacenan y entregan carga generando pérdidas y aumento su consumo. A consecuencias de ello la potencia no se transforma en trabajo útil, pero es necesario para así poder general campos magnéticos internamente en los motores y transformadores, además de ello sabemos que al utilizarlo aumentamos la potencia para luego transmitirla por las empresas distribuidoras”. (Carro, 2004, p. 83).

Se mide en kVAr y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q = U \times I \times \text{Sen}\phi \text{ (Sistema Monofásico)}$$

$$Q = \sqrt{3} \times U \times \text{Sen}\phi \text{ (Sistema Trifásico)}$$

#### 1.3.5.7. Parámetro de potencia aparente

Esto es el resultado de la tensión aplicable al uso por la corriente que ésta demanda.

En la práctica la potencia aparente se calcula mediante las siguientes expresiones:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S = U \times I$$

$$S = \sqrt{3} \times U \times I$$

En definitiva, en la potencia aparente el valor real demandado a la red.

#### 1.3.5.8. Parámetro de distorsión

La potencia de distorsión:

Lo que se concluye que actualmente esta potencia es la real medida por los analizadores, debido a las cargas no lineales, mismas que producen distorsiones armónicas de la red y a su vez inciden directamente en el factor de potencia.

$$D = U_1 \times I_D$$

Dónde:

D = Potencia de Distorsión

$U_1$  = Voltaje de la red

$I_D$  = Corriente distorsionada

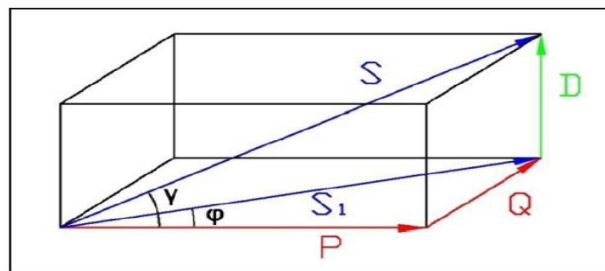


Figura 3. Potencia de distorsión

#### 1.3.5.9 Parámetro de factor de potencia (COS $\phi$ )

La Potencia activa (kW) que se consume en las instalaciones, con relación a la aparente (KVAR) que se suministra en la red, o también dicho como el coseno del ángulo conformado por el desfase de la intensidad considerando en su aspecto el voltaje aplicado, este medio adquiere un valor 0 y 1. (Carro, 2004, p. 83).

Por lo expuesto resulta que en el caso del factor de potencia indica el correcto funcionamiento y aprovechamiento de dicha energía eléctrica en cuanto nos enseña el consumo de la energía reactiva en el circuito. En el factor de potencia Cos $\phi$  o tg  $\phi$ , la potencia activa P y la potencia reactiva Q se suman entre sí en forma vectorial dando como resultado la potencia aparente. (Carro, 2004, p. 83).

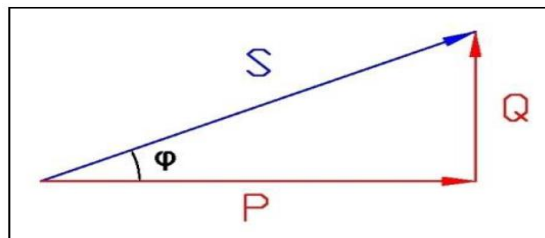


Figura 4. Triángulo de potencia

Entonces del triángulo de potencias se puede decir o establecer que el factor de potencia es igual a lo siguiente:

$$\text{Cos}\phi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}}$$

Por lo anteriormente señalado; el factor de potencia o Cos $\phi$  medio de un circuito para fines de la práctica, se establece con la fórmula :

$$FP = \frac{KWh}{kWh^2 + kVARh^2} = \text{Cos}\phi$$

$$FP = \text{Cos}(\arctan \frac{kVARh}{kWh})$$



*Dónde:*

$\frac{KW}{H} = \text{cantidad reistrada por el contador de energia activa.}$

$\frac{KVAR}{H} = \text{cantidadregistrada por el contador de energia reactiva.}$

#### **❖ Porque se penaliza un bajo Factor de Potencia**

1. Por el suscriptor:

- Al Aumentar corriente (intensidad).
- Cuando hay Perdida de los conductores y fuertes caídas de tensión.
- Cuando la planta incrementa su potencia en los transformadores y motores.
- El sobre calentamiento del conductor aumenta y disminuye su vida útil y su aislamiento.
- En los incrementos las facturas por consumo de energía.

2. Compañía de electricidad.

- La gran mayoría de inversión se ha dado en los elementos de generación ya que su capacidad en KVA debe ser de mayor.
- Una capacidad mucho mayor en las líneas de transporte y de los transformadores para su distribución.
- Caídas de voltaje y baja regulación, los cuales pueden afectar la estabilidad de la red eléctrica.

### ❖ **Porque existe un Bajo Factor de Potencia**

Cuando la potencia reactiva no es necesario para producir trabajo físico directo en los equipos se hace necesario para producir el flujo electromagnético que al realizar este desempeño se pone en funcionamiento los equipos y elementos tales como, transformadores, motores otros similares.

Cuando el consumo de la energía reactiva es alto esto puede producirse como una consecuencia:

- a. Una gran cantidad de motores eléctricos.
- b. Equipos refrigeración y aire acondicionado
- c. La subutilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos.
- d. Un mal estado de las corrientes eléctrica y de los equipos de la industria.

### ❖ **Ventajas de corregir el Factor de Potencia**

- a. Un menor Costo de Energía Eléctrica.
- b. Aumento en la Capacidad del Sistema.
- c. Mejora en la Calidad del Voltaje.

Al mejorar del (fp), compensando el excesivo consumo de energía reactiva en lo cual resulta un claro ejemplo de ahorro económico instalar un banco de condensadores. Al instalar el banco de condensadores este producirá su propia energía reactiva y será absorbida por la empresa mas no utilizando la energía de la red distribuidora.

### ❖ **Compensación del Factor de Potencia:**

La conexión de un banco de condensadores ara mejorar el factor de potencia en la instalación llegando a ahorrar la energía reactiva.

Del concepto anterior y comparado con la planilla de pago de la empresa Allus Spain, tenemos un rubro mensual por penalización del bajo factor de potencia considerable, motivo por el cual se necesita

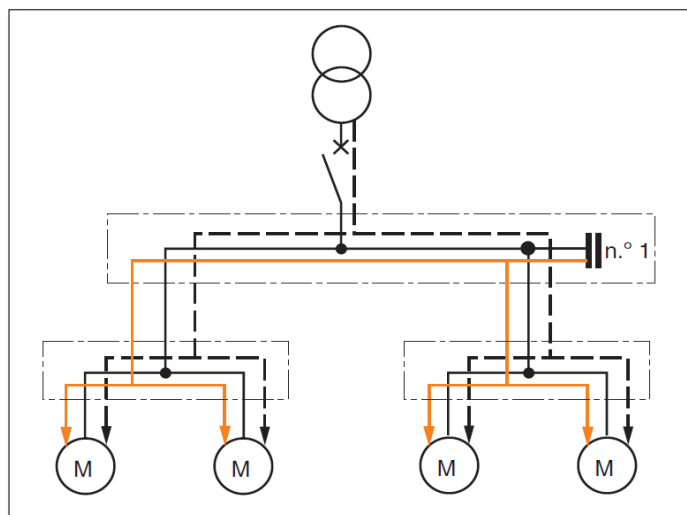
mejorar el problema mediante la instalación de un banco de capacitores mismo que su inversión será recuperada en corto plazo, creando un beneficio económico directo a la institución.

❖ **Métodos para Corregir el Factor de Potencia:**

Hay muchos medios cuando se desea cumplir con la compensación de energía reactiva.

❖ **Compensación General**

Esto se trata de instalar condensadores. Cuando se tiene bajo el voltaje de salida del transformador, con este método se logra suprimir las penalizaciones en el consumo excesivo de esta energía.



*Figura 5. En la salida baja tensión*

- **Compensación Parcial**

La instalación y la ubicación del banco de condensadores está a la entrada del cuarto de máquinas con eso se dará fin a las multas o penalizaciones.

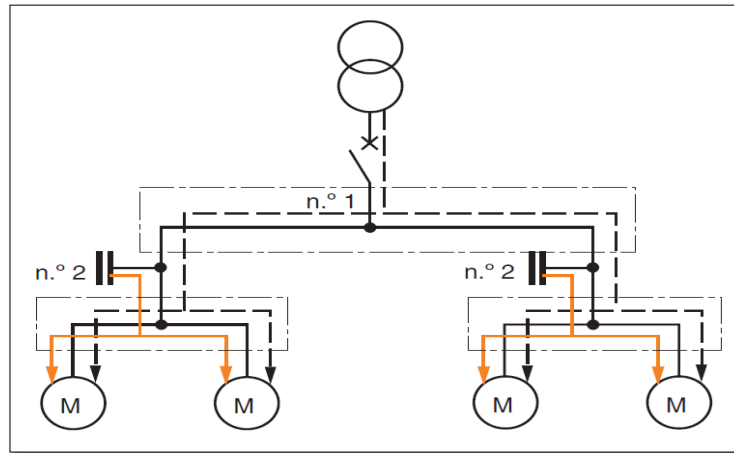


Figura 6. A la entrada de las maquinas

- **Compensación Individual**

Se instala en los bordes de cada condensador inductivo y se puede lograr suprimir las penalizaciones por el máximo consumo de energía reactiva, optimizando así la instalación eléctrica, la corriente se logra abastecer a sí misma en circuito y descargando en el centro de transformación.

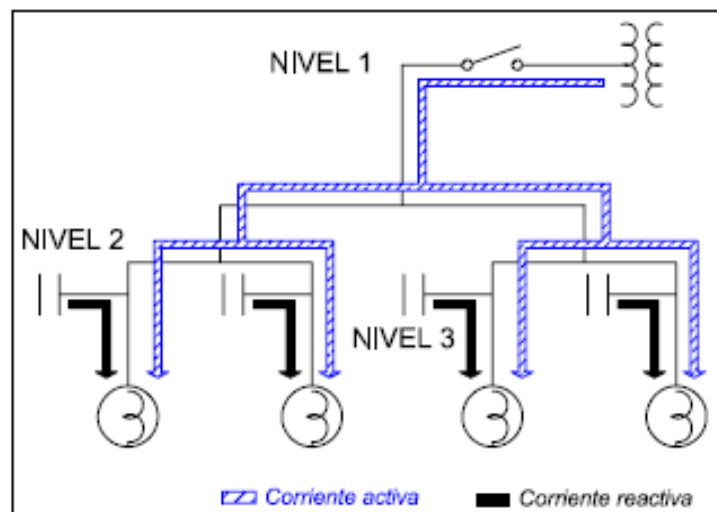


Figura 7. En los bordes de cada receptor de tipo inductivo

- **Compensación Mixta**

En acuerdo a las formas de instalación se define como una coexistencia en una misma instalación, realizando los siguientes esquemas de las conexiones de los condensadores.

1. Compensación individual y parcial.
2. C individual y global.
3. C parcial y global.
4. C individual, parcial y global.

- **Compensación Fija**

Es cuando es suministrada en la instalación de manera constante utilizando una misma potencia reactiva.

Se debe utilizar cuando esta requiera compensar la instalación en donde la demanda de la energía reactiva se mantenga constante.

- **Compensación Variable**

Es aquella que suministra la potencia reactiva cuando es necesario en la instalación. Se debe utilizar cuando la instalación presente una variación en su consumo, se recomienda utilizar cuando la potencia reactiva a compensar es mayor a 15% de la potencia nominal de su transformador y así compensar toda la instalación, el equipo está formado por tres elementos internos principales:

1. **El regulador.**
2. **Los contactores.**
3. **Los capacitores.**

Cuando el funcionamiento del equipo esta compensado automáticamente es bien necesario, en la instalación la toma de datos, estos elementos exteriores permiten la actuación correcta al equipo:

1. **La lectura de intensidad.**
2. **La lectura de voltaje.**

3. Cuando sea necesario una alimentación a 220 V para el circuito de mando de los capacitores. Los bancos de condensadores se instalan terminales para esta fase.

#### 1.3.5.10. Aumento de la Potencia Disponible en la Instalación:

En el circuito de los capacitadores nos permite aplicar la potencia que sea necesario en una ampliación con equipos, con conductores, equipos eléctricos transformadores.

### 1.4 Formulación del Problema

¿Es factible analizar los indicadores energéticos para optimizar el consumo en la empresa ALLUS SPAIN y como compensar la energía eléctrica ante un aumento de carga?

### 1.5 Justificación del Estudio.

Con la presente investigación se tiene por justificación el hecho que permitirá determinar los indicadores eléctricos que determinan el nivel de calidad de energía eléctrica en la empresa Ayllus Spain, lo cual tiene una importancia económica, tecnológica y operativa.

#### 1.5.1 Técnica.

Con la propuesta de análisis de los indicadores energéticos, se logrará optimizar los distintos sistemas eléctricos de la empresa ALLUS SPAIN con la implementación de nuevas tecnologías que mejoraran el consumo eléctrico y los cambios de equipos más eficientes de menos consumo, para así obtener una mejora en los resultados para la empresa.

#### 1.5.2 Económica

Esta investigación permitirá una disminución de los costos por pago de energía eléctrica, debido a una mayor eficiencia energética, de esta manera se reducirá el consumo de energía y garantizará la optimización de los procesos productivos de la empresa.

La aplicación de la presente investigación al determinar las causas de la baja calidad de energía eléctrica, redundará en su obtención de una mayor utilización por parte de la empresa.

### 1.5.3 Social

Al evaluar el estado de los diferentes equipos con las que cuenta la empresa, e identificar fallas que puedan provocar en la mala calidad del servicio eléctrico, se incrementará la operatividad en la empresa Allus Spain.

### 1.5.4 Ambiental.

Se ahorra la energía eléctrica con la forma que es más común y que influye en las emisiones CO<sub>2</sub> y que con lleva al efecto invernadero perjudicando al medio ambiente con un buen análisis de los indicadores energéticos, se lograra tener sistemas más eficientes y más completo.

### 1.6 Hipótesis.

El análisis de los indicadores energéticos permitirá la disminución de los costos en la energía eléctrica en el local de la empresa Allus Spain.

### 1.7 Objetivos.

#### 1.7.1 Objetivo General

- Analizar los indicadores energéticos para disminuir el consumo energético en la empresa ALLUS SPAIN, con planeamientos que permitan las diferentes alternativas de reducción de consumo de energía eléctrica, buscando potenciales de ahorro.

#### 1.7.2 Objetivos Específicos.

- A. Establecer los indicadores energéticos para el desarrollo sostenible en la empresa Allus Spain, determinar los valores de nivel de voltaje, perturbaciones de voltaje y factor de potencia en el transformador de la subestación de la empresa Allus Spain.
- B. Analizar la carga existente, realizar una auditoría energética en la empresa Allus Spain y verificar el estado de sus instalaciones eléctricas.
- C. Identificar los potenciales de ahorro y cuantificar los beneficios a obtener, Presentar las diferentes alternativas de reducción de costos por energía eléctrica, para poder disminuir el plan de ahorro de la empresa Allus Spain.
- D. Determinar el costo beneficio y realizar un análisis técnico-económico que tendrá esta unidad de salud al mejorar la calidad de energía y así cumplir con la NTCSE 020-97-EM.

## **II. MÉTODO**

### **2.1 Diseño de Investigación.**

La investigación empleada es cuantitativa, ya que utilizará la recolección de datos en base a mediciones numéricas, buscando especificar las propiedades y características, rasgos importantes del fenómeno analizado. El tipo de investigación es aplicada debido que se emplea conocimiento de las ciencias relacionadas al estudio para resolver una problemática de la baja calidad de la energía eléctrica.

El diseño de la investigación empleado es no experimental transversal, no generándose en ninguna situación, si no de lo contrario se observa situaciones que ya existen, no provocando intencionalmente en la investigación por quien lo realiza.

#### **No experimental**

En la presente investigación se logra distinguir que es no experimental debido a que no se realiza una manipulación deliberadamente de la variable independiente por el caso de revisar su efecto en otras variables, se ejecuta en base a la observación de las variables en su contexto natural y luego se analiza, el investigador en ninguno de los casos tiene control sobre la variable independiente debido a los hechos ya ocurridos.

#### **Descriptiva**

La investigación es descriptiva: esto debido a que se ve y se escribe el problema tal como sucede en su forma natural sin que se manipule o interactúe el investigador.

### **2.2 Variables, Operacionalización.**

#### **2.2.1 Variable Independiente**

- Variable independiente: Indicadores eléctricos.

#### **2.2.2 Variable Dependiente.**

- Variable dependiente: Calidad de energía eléctrica.



### 2.2.3 Operacionalización de las Variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición	Instrumento
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>	Elementos que influyen en el nivel de calidad de energía eléctrica, y el uso	Se obtendrá levantando	Calidad de producto	Tensión suministrada (V)	Intervalo	Equipo analizador de redes, ficha de recolección de datos
				Frecuencia (Hz)	Intervalo	
				Intensidad (A)	Intervalo	
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>	“[...] Una combinación de sus características través de las cuales el producto y el servicio del suministro eléctrico corresponden a las expectativas del cliente, eléctrico “(MEM, 2010, p.10)	Se obtendrá mediante el análisis en función a los parámetros de calidad de producto definidos por la (Norma Técnica de Calidad de los servicios eléctricos).	Tensión.	Variación porcentual de la tensión en intervalos de 15, 10 /5 min.	Razón	
Calidad de energía eléctrica			Frecuencia.	Variaciones sobre la frecuencia nominal.	Razón	

## 2.3 Población y Muestra.

### 2.3.1 Población.

La población que analizaremos será 1 transformador, 1 tablero de control, sub tableros eléctricos, 3 compresores, 1 grupo electrógeno, aires acondicionados, tableros data center, tableros de sistema ininterrumpido, entre otros equipos eléctricos de la empresa ALLUS SPAIN, contando también iluminación especial, UPS y bancos de baterías, los cuales se describen en los anexos.

### 2.3.2 Muestra.

La esencia, es un subconjunto de grandes elementos que forman parte de un conjunto definido con sus características al que llamaremos población.

En causa a lo natural de la investigación se considera la muestra igual a la población.

## 2.4 Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos.

### 2.4.1 Técnicas de Recolección de Datos

Técnicas:

Una de las técnicas más comunes es la del conjunto de mecanismos, procedimientos y medios que nos ayudan a contribuir con todos los datos para así llegar a un propósito específico.

En esta investigación se utilizará la técnica de observación y recopilación de datos.

#### **Observación:**

A través de esta técnica se registrará y se medirá los diversos parámetros de función de los equipos eléctricos de la empresa, así como los indicadores energéticos.

#### **Instrumento:**

Equipos que se utilizaran para forma y analizar de los indicadores energéticos del presente estudio.

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>ANALIZADOR TRIFASICO DE CALIDAD DE ENERGIA</b></li> </ul> <p>MARCA: FLUKE  MODELO: 435  N° SERIE: 12990023  CERTIFICADO CALIBRACION.  N° 004-35008-ISO 9001</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>TELURIMETRO</b></li> </ul> <p>MARCA: MEGABRAS  MODELO: EM -4055  SERIE:MO 6194 HNORMA: IEC 61557-5  CERTIFICADO CALIBRACION.  N° LE-1039-2011 Indecopi</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>LUXOMETRO –LIGHTMETER</b></li> </ul> <p>MARCA: AEMC  INSTRUMENTSMODELO: CA811  SERIE: 1127JGCY</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>TERMOMETRO INFLARROJO</b></li> </ul> <p>MARCA: FLUKE  MODELO: 68  SERIE: DHS85XL  NORMA : IEC 61557-5</p>	

Figura 8. Equipos de medición y pruebas.

### **Revisión documentaria**

Esta técnica se permitirá la búsqueda del material adecuado, selección de diversos elementos y optimización de la información para así analizar los resultados.

#### **2.4.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.**

Con el presente estudio emplearemos métodos de análisis estadísticos para buscar datos. Se escribirá los datos mediante tablas de frecuencias, con gráficos estadísticos, y así también emplearemos las mediciones de tendencia centrales como media, la moda y mediana, teniendo siempre en cuenta el objetivo planteado y los resultados obtenidos en las tablas.

La información que se obtenga durante la investigación serán copiadas y procesadas en tablas de tabulación mediante hojas de cálculo de Excel y los datos que arroja el software del equipo de medición.

#### **2.4.3 ASPECTOS ÉTICOS.**

El presente estudio, tomará en cuenta las consideraciones éticas pertinentes, tal como confidencialidad de la información, por lo tanto, la información que tendremos no será revelada ni divulgada o reproducida para cualquier otro fin ya sea el caso, en tal sentido de sugerirse alguna información a alguna entidad superior se reproducirá con “COPIA CONTROLADA”.

### **III. RESULTADOS**

3. Medición, registro y análisis de la situación actual del sistema eléctrico – auditoria del sistema eléctrico.

#### **3.1 Descripción general de la Empresa Allus Spain**

En Empresa ALLUS SPAIN - SUCURSAL DEL PERÚ tiene 04 años de funcionamiento en el Local Situado en la Av. Sáenz Peña N°355 - Chiclayo, el mismo que se encuentra alimentado por el único punto de Suministro N° 36717837 de la concesionaria Electro norte.

Se encuentra alimentado por un sistema de utilización en 10 kV diseñado para una demanda máxima de 827.5 kW, que actualmente está catalogado como cliente libre, pero tenía una potencia contratada de 900 kW. Está conformado por 01 Subestación Eléctrica denominada (S.S.E.E. “A”) cuyo transformador 1000 kVA.

#### **3.2 Recopilación de información**

Para la realización de este proyecto fue necesaria la recopilación de información, la cual proporciona una idea clara de cómo se encuentran en la actualidad las instalaciones eléctricas en dicho centro.

En la recopilación de información se tomó en cuenta varios aspectos que son de vital importancia como los servicios que presta este centro, el tiempo de servicio de las instalaciones, la estructuración de las diversas aéreas, así mismo se ha hecho un levantamiento de carga por sección. Con la obtención de esta información se verificó en qué condiciones se encuentra las instalaciones de la empresa Allus Spain.

#### **3.3 Subestación de transformación**

La empresa Allus Spain tiene 1 subestación de Transformación en caseta.

LA SUB ESTACION “A” consta de 01 transformador de distribución recibe la tensión en 10 kV y la transforma en 230, 400 voltios la que es utilizada en las diversas cargas del centro; las cargas son principales son alumbrado interior y tomacorrientes, sistema ininterrumpido, aires acondicionados, tableros de computo estabilizados.

Los registros se realizaron desde los tableros principales de la salida de cada transformador.

### 3.4 Sistema de emergencia

Con referencia al sistema de emergencia podemos indicar que la empresa Allus Spain cuenta con 1 grupo electrógeno instalados en el sistema, el cual funciona para abastecer de energía eléctrica de la empresa hasta la reposición del suministro.

Para mantener la operatividad del Sistema de Emergencia se realizan pruebas de funcionamiento los días sábados por las mañanas por un tiempo de 30 minutos.

### 3.5 Levantamiento de carga

Cuando se trata de potencia instala esta se puede obtener de diferentes formas, puede ser con los archivos de inventario de cada equipo, también con los datos de placa o realizando mediciones; como en este caso, para determinar su potencia.

Se presenta con características del transformador de la subestación, sus zonas de influencia y las cargas asociadas.

#### 3.5.1 Subestación Eléctrica “A”

1. Área : 17.22 m<sup>2</sup>.
2. Tablero principal : Altura 180, Ancho 110, Profundidad 96
3. Transformador : 1000 Kva
4. Transformador integrado de medición
5. Transformador integrado de medición

**Tabla 2.** Datos transformación principal.

Marca	Reselec		
voltaje			
Primario		Secundario	
10500		Línea	400 v
10250		Fase	231 v
10000		Conexión	estrella
9750			
9500			
Amp	46 - 19		

Transformador Principal	
Potencia	1000 kva
Frec	60 hz
Fases	3
Conexión	dyn5
Tipo	tta
Año	2015
Serie	2002 - 03
Altitud	1000 msnm

Fuente: Placas de Transformador, Allus Spain- El Autor

## 6. Transformador integrado de medición

**Tabla 3.** *Datos transformadores integrales de medición.*

Marca	Reselec
Potencia	3 x 20
R de Tranf	10000 / 220
Clase	0.2
Conexión	Yyno
Norma	Iec 60044-22
Tipo	Tim - 33
50 a / 5 a	

Fuente: Placa Transformador Integrado de Medición – Allus Spain

Elaborado por: El Autor

## 7. Tableros principales

**Tabla 4.** *Circuitos de tableros principales s.e.a.*

TABLERO GENERAL (TG)		
C1	Tablero de aire acondicionado 1	TAA-1
C2	Tablero de aire acondicionado 2	TAA-2
C3	Tablero de aire acondicionado 3	TAA-3
C4	Tablero de aire acondicionado 4	TAA-4

TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA (TGE)		
C1	Tablero de alumbrado y tomacorriente piso 1d	TAT-P1D
C2	Tablero de alumbrado y tomacorriente piso 1a	TAT-P1A
C3	Tablero de alumbrado y tomacorriente piso 1b	TAT-P1B
C4	Tablero de alumbrado y tomacorriente piso 2b	TAT-P2B
C5	Tablero de alumbrado y tomacorriente piso 2a	TAT-P2A
C6	Tablero bomba contra incendio	T-BCI
C7	Tablero bypass	T-BS
C8	Tablero de aire acond precisión	TAAP
C9	Tablero de alumbrado y tomacorriente piso 1c	TAT-P1C
C10	Tablero de alumbrado y tomacorriente piso 2c	TAT-P2C

TABLERO GENERAL DE COMPUTO (TGC-1)		
C1	Para trafo de 250 kva	
C2	Tablero general computo 2	
C3	Para trafo de 50 kva	
C4	Tablero sistema ininterrumpido piso 1b	tsi-p1b
C5	Tablero sistema ininterrumpido piso 1a	tsi-p1a
C6	Tablero sistema ininterrumpido piso 1c	tsi-p1c
C7	Tablero sistema ininterrumpido piso 1d	tsi-p1d
C8	Tablero sistema ininterrumpido piso 1e	tsi-p1e
C9	Tablero data center	tdc
C10	Tablero sistema ininterrumpido piso 1g	tsi-p1g
C10	Tablero sistema ininterrumpido piso 1h	tsi-p1h



TABLERO GENERAL DE COMPUTO 2 (TGC-2)		
C1	Tablero sistema ininterrumpido piso 2a	TSI-P2A
C2	Tablero sistema ininterrumpido piso 2b	TSI-P2B
C3	Tablero sistema ininterrumpido piso 2c	TSI-P2C
C4	Tablero sistema ininterrumpido piso 2f	TSI-P2F
C5	Tablero sistema ininterrumpido piso 2e	TSI-P2D

Fuente: Empresa Allus Spain

### 3.6 Mediciones del sistema eléctrico de la empresa Allus Spain

#### 3.6.1 Equipo Utilizado en las Mediciones

El equipo utilizado para la realización de las mediciones constituye un elemento muy importante en este estudio, este posee un software (Power Log) el cual permite visualizar algunos parámetros eléctricos de cada uno de los transformadores en estudio. El analizador de redes trifásico utilizado tiene las siguientes características:

- **Analizador trifásico de calidad de energía**

MARCA	: Fluke
MODELO	: 435
Nº SERIE	: 12990023
INTERVALO DE MEDICIÓN	: Cinco minutos
CERTIFICADO DE CALIBRACION	: N°004 – 35008 - ISO 9001

*Parametros de analisis : Potencia Activa, Reactiva, Aparente*

## FACTOR DE POTENCIA



Figura 9. Analizador de redes Fluke 435.

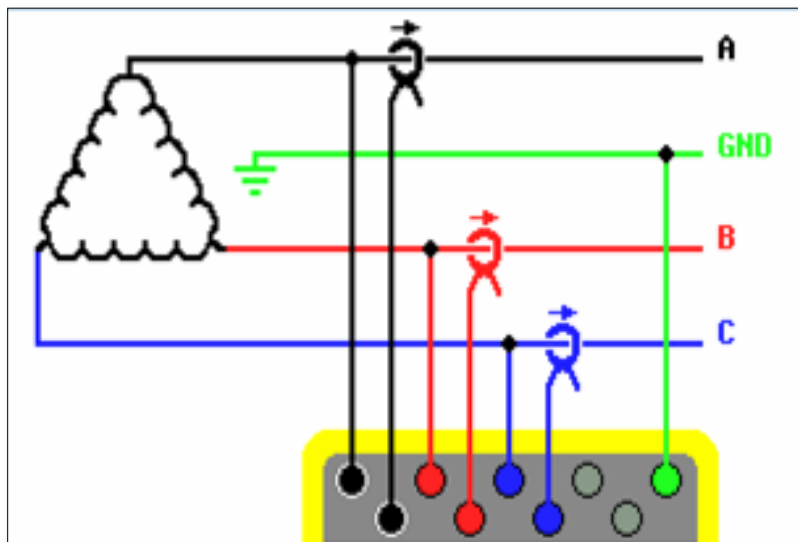


Figura 10. Esquema de instalación equipo.

En el grafico N. 11 se observa la forma de conexión del equipo analizador de redes FLUKE 435.

Los registros se realizaron desde los tableros principales de la salida de cada transformador (aguas abajo) de la empresa Allus Spain.

### 3.6.2 Mediciones Realizadas

El objetivo principal de esta medición es detectar en qué condiciones operativas están los transformadores de las subestaciones que se encuentran en la empresa Allus Spain, y así comparar si cumple o no con los parámetros.

Las pruebas se realizaron en la subestación eléctrica “A” de la empresa Allus Spain, en el lado de baja tensión, por siete días continuos (semana típica) como exige la NTCSE-020-97-EM.

En la tabla siguiente se puede apreciar el cronograma de mediciones realizadas.

**Tabla 5.** *Tiempos de medición de transformadores subestaciones "a".*

ÍTEM	DESCRIPCION	RELACION TENSION	PERIODO DE MEDICION
1	Transformador de Distribución enfriamiento ONAN	10/0.40-0.23 kV	INICIO 16/11/18 1:06 PM. FINAL 06/12/18 12: 56 PM.

Elaborado por: El Autor

### 3.6.3 Registro de los parámetros de carga de la empresa Allus Spain

En los gráficos siguientes se representa y se analiza las curvas de carga de los transformadores de las subestaciones durante la semana típica que se instalaron los equipos de medición

### 3.6.4 Registro de los parámetros de carga en s.e. “A”

LA SUB ESTACION “A” consta de 01 transformadores de distribución recibe la tensión en 10 kV y la transforma en 230 ,400 voltios la que es utilizada en las diversas cargas de la empresa, los registros se realizaron en la salida principal del transformador de la subestación eléctrica A.

**Tabla 6.** Datos de los transformadores subestaciones "a".

ÍTEM	DESCRIPCION	RELACION TENSION	PERIODO DE MEDICION	POTENCIA NOMINAL
01	Transformador de Distribución enfriamiento ONAN	10/0.40-0.23 kV	INICIO 16/11/18 1:06 PM. FINAL 06/12/18 12: 56 PM.	1000 kVA

Elaborado por: El Autor

➤ **Análisis de potencia Subestación “a”**

✓ **Potencia activa:**

La Potencia Activa mide el trabajo real y deben de adsorber de la red eléctrica una energía capaz de ser transformada y utilizada en el proceso productivo.

Se registraron parámetros de potencia obteniendo el siguiente diagrama, en la que se puede verificar la potencia Activa es 724.60 kW.

En el siguiente grafico se observa parámetros de potencia activa que son afectados por el consumo de las cargas instaladas en el circuito de Planta, donde se verifica las variaciones de la potencia el consumo de la Máxima Demanda de energía durante el tiempo de monitoreo es 724.60 kW. También se observa una disminución de la Potencia Activa el domingo 04/12/2018 a las 8:10 hasta las 17 horas donde el consumo disminuye a 16 kW.

Un segundo registro de disminución de la potencia en 65 kW el 04/12/2018 a las 22:05 hasta el 05/12/2018 hasta las 5:00 am.

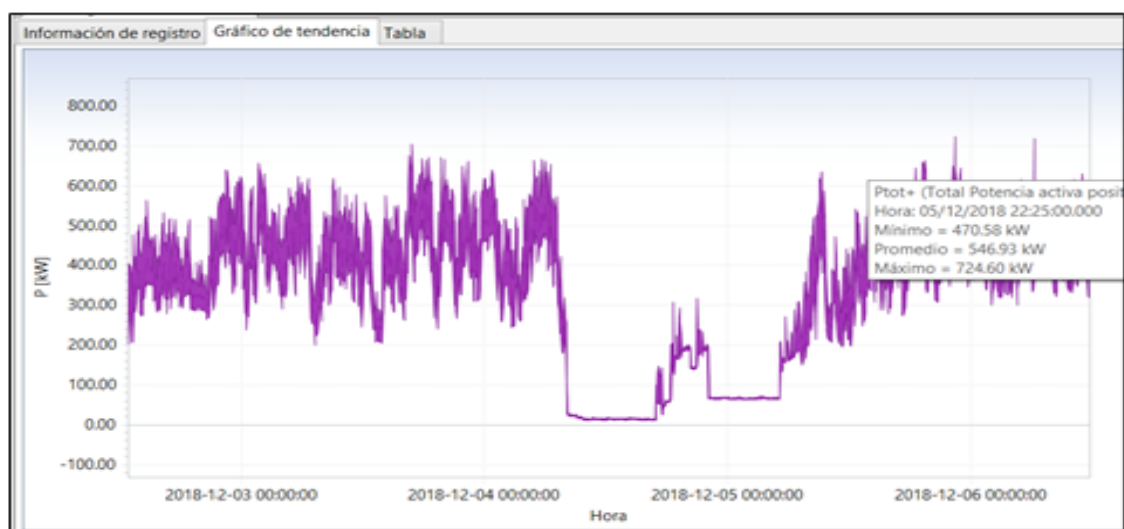


Figura 12. Potencia activa.

Información de registro Gráfico de tendencia Tabla			
Potencia activa			
Ptot+			
	Min [kW]	Med [kW]	Max [kW]
05/12/2018 21:50:00.000	387.39	412.56	488.33
05/12/2018 21:55:00.000	347.48	426.74	553.01
05/12/2018 22:00:00.000	395.57	474.30	582.74
05/12/2018 22:05:00.000	388.79	432.84	537.33
05/12/2018 22:10:00.000	395.55	466.14	587.58
05/12/2018 22:15:00.000	438.20	523.84	649.31
05/12/2018 22:20:00.000	472.69	520.08	599.97
05/12/2018 22:25:00.000	470.58	546.93	724.60
05/12/2018 22:30:00.000	496.23	541.96	643.60
05/12/2018 22:35:00.000	444.42	521.47	619.38
05/12/2018 22:40:00.000	368.60	435.20	539.95
05/12/2018 22:45:00.000	381.88	448.32	596.19
05/12/2018 22:50:00.000	465.37	505.11	561.68
05/12/2018 22:55:00.000	482.72	525.21	628.80
05/12/2018 23:00:00.000	447.73	531.63	645.96
05/12/2018 23:05:00.000	446.84	489.90	563.08
05/12/2018 23:10:00.000	365.90	444.85	555.03
05/12/2018 23:15:00.000	369.30	408.06	506.62

Figura 11. Registro estadístico – potencial.

✓ **Potencia reactiva kvar.**

De los datos registrados se obtuvo el gráfico en el cual muestran parámetros de potencia reactiva, Esta Potencia Reactiva: Voltios-amperios reactivos (VAR). Es un flujo de corriente que no genera ningún trabajo, aunque está presente en el sistema de distribución eléctrica, por lo tanto, contribuye a disminuir el Factor de Potencia.

Se registran valores de potencia reactiva mínimas de 484.73 kVAR, máximo 872.30 kVAR, durante el periodo de monitoreo.

**Figura N° 13.**

La energía reactiva incrementa la intensidad que circula por las líneas aumentando las perdidas, por el efecto joule, y obligando a las empresas suministradoras de electricidad a sobredimensionar las instalaciones (transformadores y líneas).

En el siguiente Gráfico de Tendencias podemos verificar el valor promedio de la potencia reactiva capacitiva  $AVG=547.54$  kVAR.

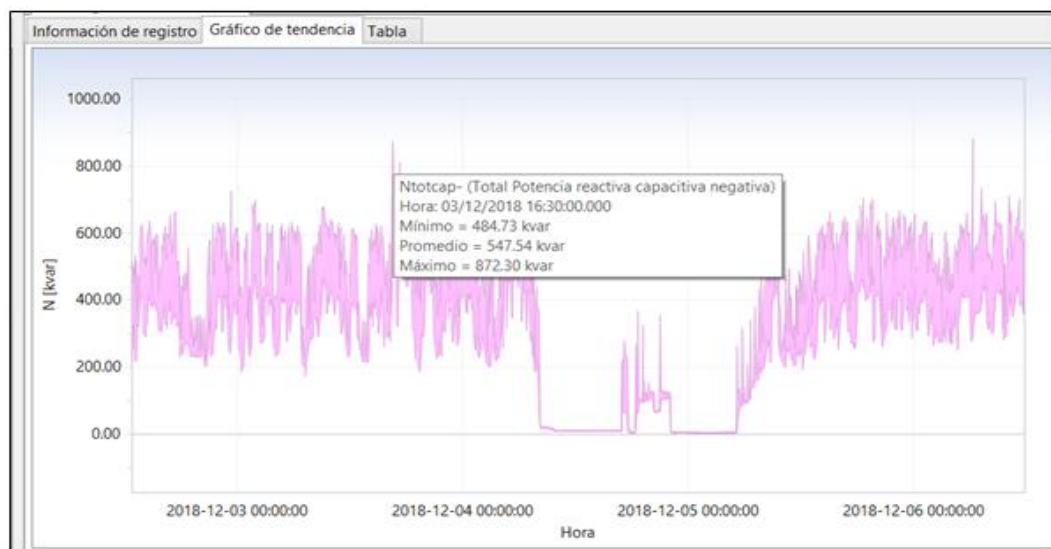


Figura 13. Potencia reactiva.

#### Figura N° 14.

En la siguiente figura se observa la potencia reactiva registra valores mínimos de 484.73, Promedio 547.54 y 872 kVAR como máximo.




Información de registro	Gráfico de tendencia	Tabla	
	(9) Potencia reactiva		
	Ntotcap-		
	 Min [kvar]	 Med [kvar]	 Max [kvar]
03/12/2018 15:50:00.000	303.90	323.36	470.93
03/12/2018 15:55:00.000	302.40	328.75	516.97
03/12/2018 16:00:00.000	290.17	314.85	367.30
03/12/2018 16:05:00.000	293.41	305.19	360.35
03/12/2018 16:10:00.000	305.75	357.69	571.97
03/12/2018 16:15:00.000	278.58	326.09	556.41
03/12/2018 16:20:00.000	355.82	366.28	389.08
03/12/2018 16:25:00.000	357.93	415.71	618.97
03/12/2018 16:30:00.000	484.73	547.54	872.30
03/12/2018 16:35:00.000	555.86	616.14	804.69
03/12/2018 16:40:00.000	524.97	578.02	773.48
03/12/2018 16:45:00.000	541.93	567.40	704.48
03/12/2018 16:50:00.000	549.21	575.74	758.64
03/12/2018 16:55:00.000	383.26	545.66	736.85
03/12/2018 17:00:00.000	323.95	343.33	564.28
03/12/2018 17:05:00.000	320.35	468.16	671.72
03/12/2018 17:10:00.000	490.92	516.75	697.83
03/12/2018 17:15:00.000	494.88	517.01	701.51

Figura 14. Registro estadístico-potencial reactiva.

#### ✓ Potencia aparente kva.

Es la suma de los vectores gráficos y de la potencia reactiva y potencia activa.

De los registrados se obtuvo el grafico en el cual muestran parámetros de potencia aparente de valores mínimo de 477.46 kVA, valor promedio 715.21 kVA y máxima de 847.85 kVA, los cuales son asumidos por el transformador de potencia.

#### Figura N° 15.

Se observa según la figura de tendencia en su máxima demanda la potencia aparente registra 847.85 KVA.

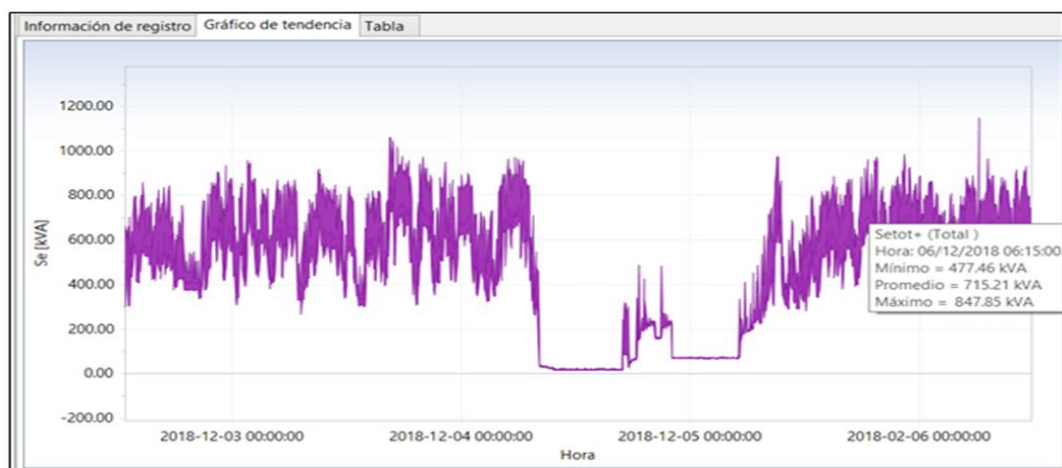


Figura 15. Registro estadístico - potencial aparente.

### Figura N° 16 y 17.

Mediante la tendencia se puede comparar las Tres (3) Potencias, verificando la evolución Transitoria que la Potencia Aparente es la resultante de la sumatoria vectorial de las potencias reactiva y activa. Comparando con la potencia del Transformador MT de 1000 kVA y la potencia máxima registrada es de 847.85 kVA podemos afirmar que el transformador trabaja aproximadamente a un 84.78 % de capacidad en su máxima demanda.

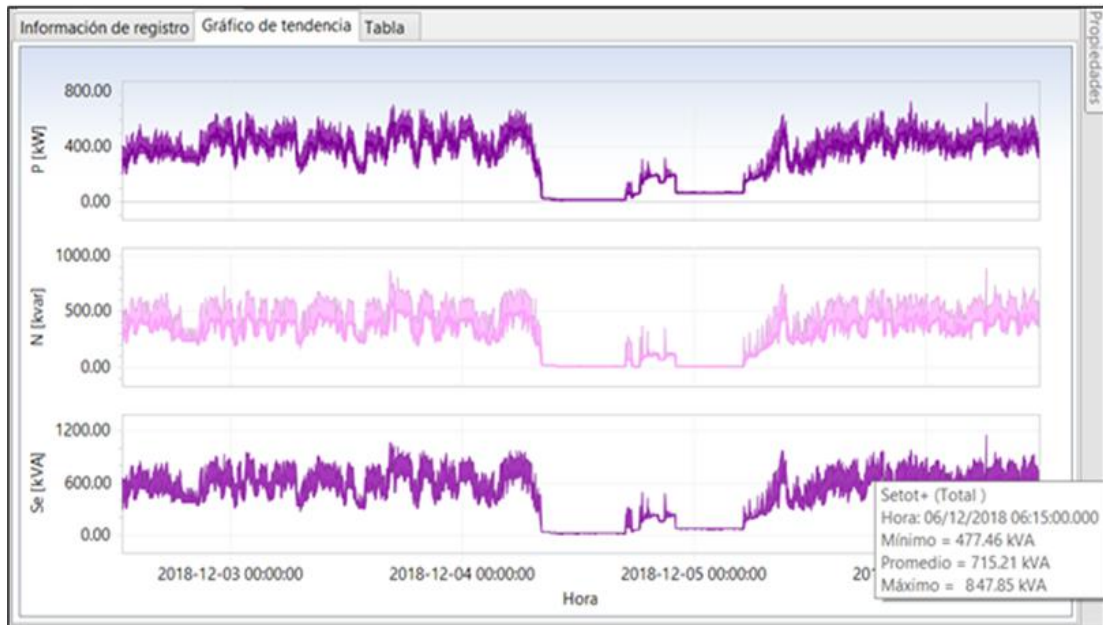


Figura 16. Registro estadístico - potencial aparente.

En el siguiente cuadro podemos explicar brevemente el triángulo de potencias:

1. **Potencia Aparente –S**, se mide en kVA.  
Es la fuente (Transformador que alimenta al circuito)
2. **Potencia Activa –P**, Se mide en kW.  
Es la Potencia Real.
3. **Potencia Reactiva –Q**, Se mide en kVAR.  
Es la Potencia Reactiva.

#### **Carga de trabajo puede ser**

Carga inductiva.

Carga Capacitiva.

Carga Resistiva.



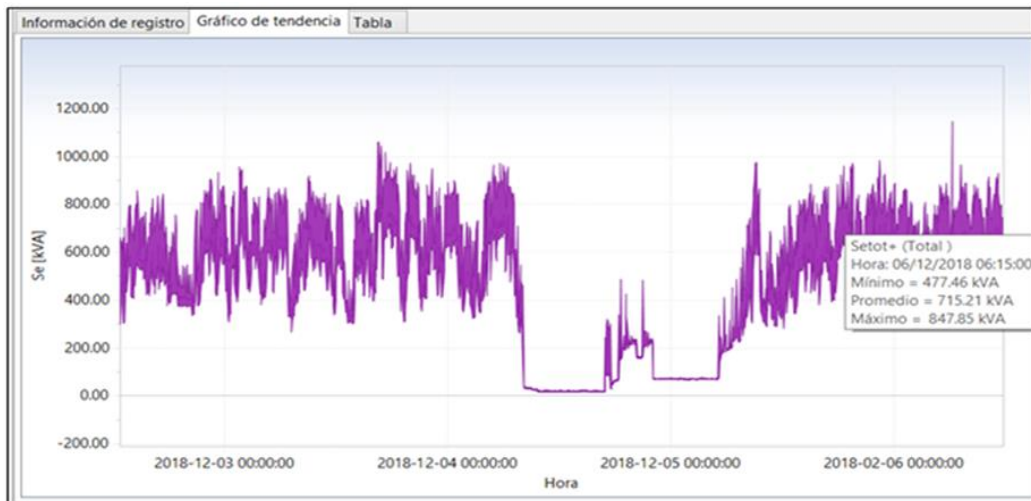


Figura 17. Esquema potencial.

### Figura N° 18.

Mediante la tendencia se puede comparar las Tres (3) Potencias, verificando la evolución Transitoria que la Potencia Aparente es la resultante de la sumatoria vectorial de las potencias activa y reactiva. Comparando con la potencia del Transformador MT de 1000 kVA y la potencia máxima registrada es de 847.85 kVA podemos afirmar que el transformador trabaja aproximadamente a un 84.78 % de capacidad en su máxima demanda.

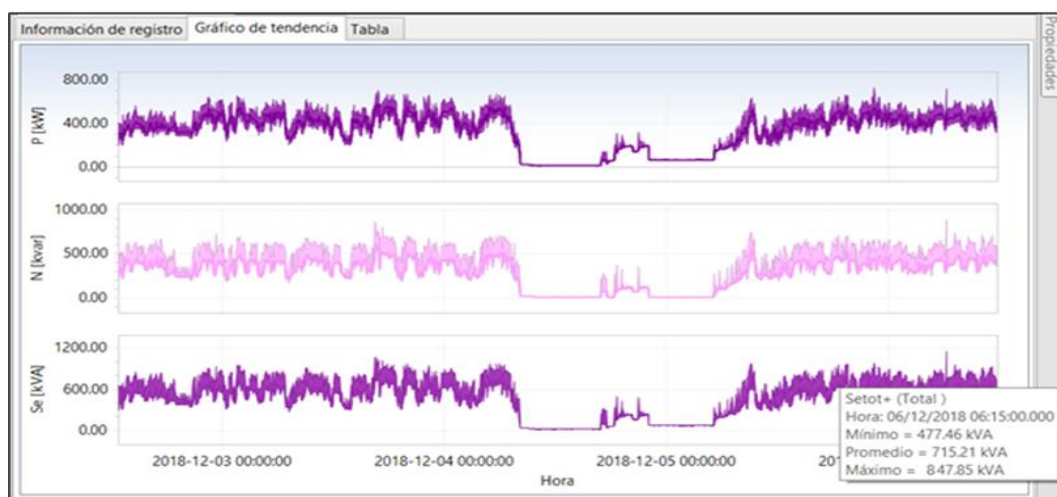


Figura 18. Registro estadístico - potencial aparente.

siguiente cuadro podemos explicar brevemente el triángulo de potencias:

4. **Potencia Aparente –S**, se mide en kVA.

Es la fuente (Transformador que alimenta al circuito)

5. **Potencia Activa –P**, Se mide en kW.

Es la Potencia Real.

6. **Potencia Reactiva –Q**, Se mide en kVAR.

Es la Potencia Reactiva.

**Carga de trabajo puede ser**

Carga inductiva.

Carga Capacitiva.

Carga Resistiva.

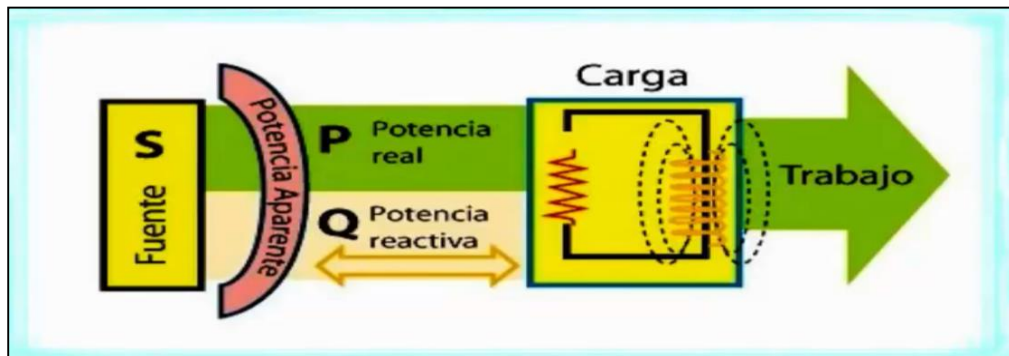


Figura 19. Esquema de potencia.

✓ **Factor de potencia.**

Es el factor de potencia de la Potencia Activa (kW) y la Potencia Aparente (kVA). El Fp informa del aprovechamiento de la energía al 100%. Las compañías eléctricas a menudo cobran una penalización cuando el factor de potencia desciende del valor de uno.

La grafica muestra registros y factor de potencia durante, el periodo de monitoreo, entre el intervalo de medición están comprendidos en 0.627 hasta 0.771, durante el periodo de monitoreo.

### Figura N° 20.

Se registra parámetros del factor de potencia promedio de, 0.771 lo cual es un valor muy bajo y poco recomendable para la instalación, se recomienda contrastar con los recibos de energía eléctrica y determinar si están pagando alguna penalización por consumo de energía reactiva.

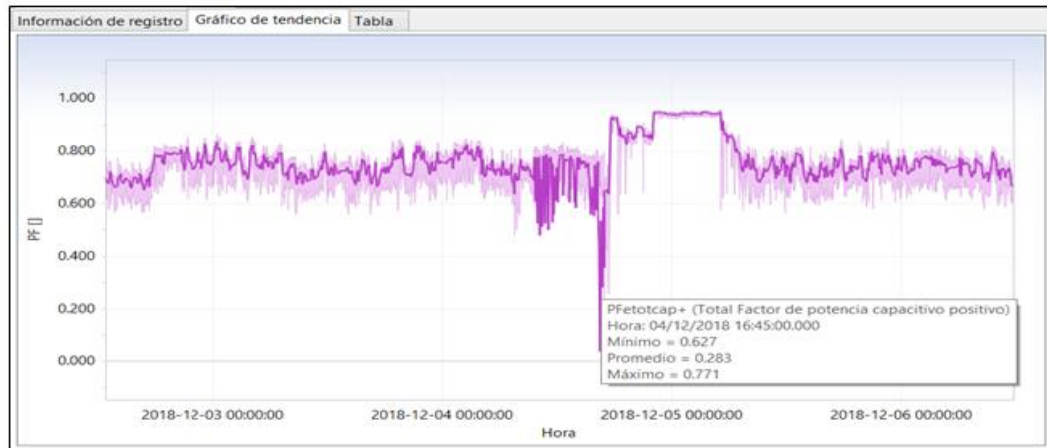


Figura 20. Factor de potencia del transformador.

### Figura N° 21.

De la figura mostrada observamos que el factor de potencia y la potencia reactiva están relacionados a menor factor de potencia (PF), mayor es la potencia reactiva (kVAR). Como normas internacionales se recomienda que su factor de potencia sea cercano 0.98.

	Potencia reactiva			Factor de potencia		
	Ntotcap-			PFtotcap+		
	Min [kvar]	Med [kvar]	Max [kvar]	Min []	Med []	Max []
02/12/2018 12:50:00.000	216.68	266.34	516.46	0.616	0.695	0.773
02/12/2018 12:55:00.000	278.85	321.81	448.64	0.632	0.680	0.735
02/12/2018 13:00:00.000	326.53	340.95	501.33	0.616	0.679	0.717
02/12/2018 13:05:00.000	323.61	335.98	479.34	0.581	0.676	0.715
02/12/2018 13:10:00.000	219.12	309.37	534.11	0.577	0.687	0.761
02/12/2018 13:15:00.000	220.13	233.02	333.73	0.677	0.724	0.762
02/12/2018 13:20:00.000	225.85	269.89	517.11	0.600	0.712	0.750
02/12/2018 13:25:00.000	330.28	356.81	372.87	0.658	0.697	0.728
02/12/2018 13:30:00.000	320.52	350.88	475.02	0.642	0.678	0.711
02/12/2018 13:35:00.000	357.45	370.70	402.49	0.635	0.671	0.705
02/12/2018 13:40:00.000	359.11	383.54	567.85	0.565	0.667	0.705
02/12/2018 13:45:00.000	407.16	430.11	612.46	0.570	0.660	0.709
02/12/2018 13:50:00.000	415.96	430.96	625.87	0.579	0.661	0.698
02/12/2018 13:55:00.000	410.13	433.39	601.45	0.577	0.667	0.698
02/12/2018 14:00:00.000	304.42	390.92	605.46	0.586	0.669	0.729
02/12/2018 14:05:00.000	301.79	315.80	522.28	0.626	0.693	0.772
02/12/2018 14:10:00.000	294.96	315.22	512.24	0.631	0.701	0.745
02/12/2018 14:15:00.000	292.79	312.09	532.02	0.632	0.705	0.745

Figura 21. Registro estadístico de potencia.

### ✓ Tensión -Voltaje.

La grafica registra parámetros de tensión durante el periodo de medición, la tensión nominal, en este caso es 380 voltios los valores limites sugeridos serian 399 y 361 voltios. Se registran valores entre 380.25 y 382.83 (Se registró valores de 383.50 V. de corta duración).

### Figura N° 22.

La figura mostrada se observa las variaciones del voltaje con respecto al tiempo. Cabe indicar que la tensión promedio es de 484.10 voltios. Es importante analizar la sensibilidad de las cargas instaladas.



Figura 22. Variador de voltaje con respecto a tiempo.

**Figura N° 23.**

La figura mostrada podemos visualizar las variaciones de tensión de 383.50 Vac en un breve periodo de tiempo aun en estas condiciones los valores de la tensión se encuentran dentro de los parámetros exigidos.

Información de registro Gráfico de tendencia Tabla Eventos Eventos de señalización									
	Tensión								
	U12			U23			U31		
	Min [V]	ProAct [V]	Max [V]	Min [V]	ProAct [V]	Max [V]	Min [V]	ProAct [V]	Max [V]
03/12/2018 01:16:00.000	381.77	382.38	382.98	382.58	383.19	383.82	381.64	382.32	382.89
03/12/2018 01:17:00.000	381.40	381.90	382.33	382.20	382.63	383.08	381.20	381.71	382.27
03/12/2018 01:18:00.000	381.64	382.04	382.46	382.33	382.77	383.21	381.47	381.89	382.34
03/12/2018 01:19:00.000	381.95	382.22	382.53	382.62	382.93	383.23	381.86	382.16	382.46
03/12/2018 01:20:00.000	381.72	382.57	383.68	382.42	383.27	384.37	381.62	382.47	383.60
03/12/2018 01:21:00.000	382.31	382.63	382.97	383.11	383.40	383.71	382.17	382.48	382.78
03/12/2018 01:22:00.000	382.21	382.56	382.88	383.09	383.34	383.65	382.14	382.40	382.71
03/12/2018 01:23:00.000	382.25	382.78	383.58	383.09	383.60	384.28	382.12	382.65	383.37
03/12/2018 01:24:00.000	382.65	383.03	383.36	383.59	383.97	384.32	382.59	383.03	383.36
03/12/2018 01:25:00.000	382.55	383.11	383.49	383.54	384.06	384.45	382.53	383.07	383.46
03/12/2018 01:26:00.000	382.37	383.04	383.60	383.42	384.01	384.57	382.34	383.00	383.52
03/12/2018 01:27:00.000	382.09	382.74	383.25	383.08	383.62	384.15	382.12	382.70	383.19
03/12/2018 01:28:00.000	382.21	382.83	383.38	383.14	383.68	384.17	382.25	382.89	383.34
03/12/2018 01:29:00.000	382.39	382.91	383.31	383.33	383.79	384.16	382.59	383.01	383.38
03/12/2018 01:30:00.000	382.24	382.93	383.62	383.24	383.83	384.49	382.49	383.03	383.64
03/12/2018 01:31:00.000	382.08	382.94	383.70	382.97	383.77	384.35	382.40	383.04	383.49
03/12/2018 01:32:00.000	381.94	382.60	383.27	382.78	383.52	384.16	382.06	382.69	383.30
03/12/2018 01:33:00.000	382.16	382.58	382.95	382.80	383.43	383.94	382.10	382.56	383.09
03/12/2018 01:34:00.000	382.08	382.58	383.14	382.80	383.37	384.03	382.05	382.51	383.18
03/12/2018 01:35:00.000	380.25	382.09	382.76	381.02	382.83	383.50	380.04	381.97	382.70
03/12/2018 01:36:00.000	381.86	382.33	383.17	382.49	383.00	383.78	381.73	382.19	382.96
03/12/2018 01:37:00.000	381.31	382.06	382.51	381.86	382.67	383.16	381.12	381.93	382.37
03/12/2018 01:38:00.000	381.22	381.78	382.59	381.91	382.42	383.14	381.20	381.66	382.32
03/12/2018 01:39:00.000	381.60	382.07	382.57	382.32	382.75	383.22	381.48	381.95	382.38
03/12/2018 01:40:00.000	381.50	382.17	382.64	382.20	382.83	383.33	381.45	382.02	382.46

*Figura 23. Variaciones de tensión.*



### ✓ Flicker

En las mediciones de sistemas trifásicos, se cuenta con valores Pst para cada fase, eligiéndose el mayor valor Pst de cada intervalo, para compararlo con la tolerancia ( $Pst \leq 1$ ). Los intervalos que superen el valor límite de 1 Pst se consideran como intervalos en falta. El Flicker es un tipo de señal subarmónica, provocados por fluctuaciones en la tensión, que puede ocasionar parpadeos luminosos perceptibles que son molestos para el ojo humano (rango entre 0.1 a 25 Hz).

En el Gráfico, Se observa que durante el periodo de monitoreo se registran valores de 0.978 no sobrepasa el límite de 1 Pst, establecido en la NTCSE durante intervalos de medición.

### Figura N° 24.

En la figura mostrada se observa un flicker máximo de 0.978 por un breve periodo de tiempo (corta duración) no repitiéndose durante el tiempo de monitoreo. De los datos registrados se observa que no supera los parámetros permisibles.

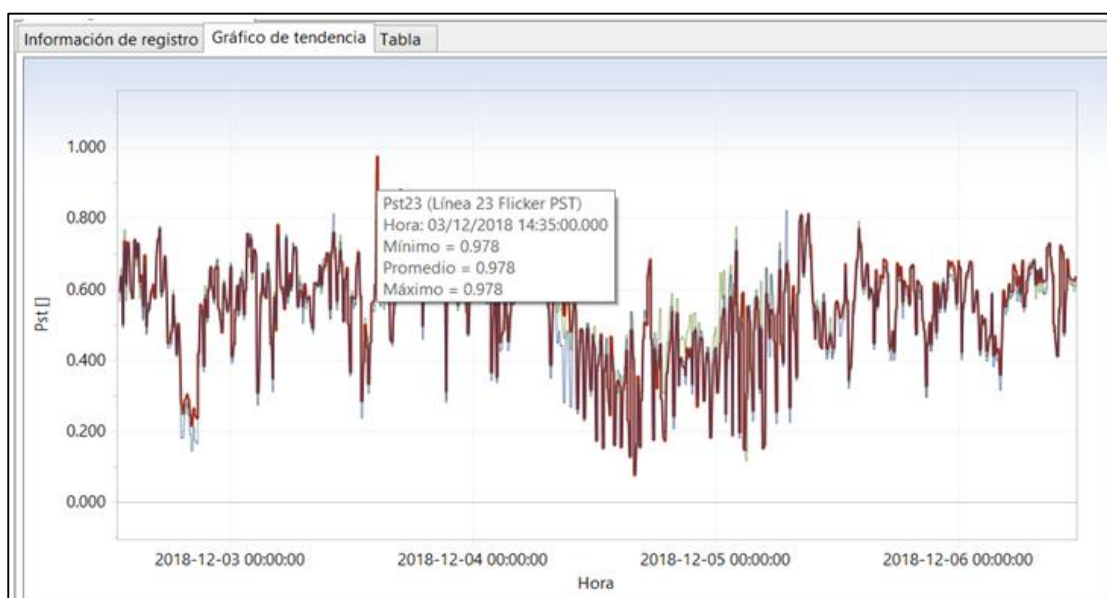


Figura 24. Fliker subestación

### ✓ Intensidad de corriente en fases R-S-T

En los Registros de los gráficos de tendencias podemos analizar, que la corriente muestra valores de corriente durante el monitoreo registra en su máxima demanda de 1,483 amperios, considerando que la corriente nominal es 2,405 amperios, es decir que estamos a un 62% de su corriente nominal.

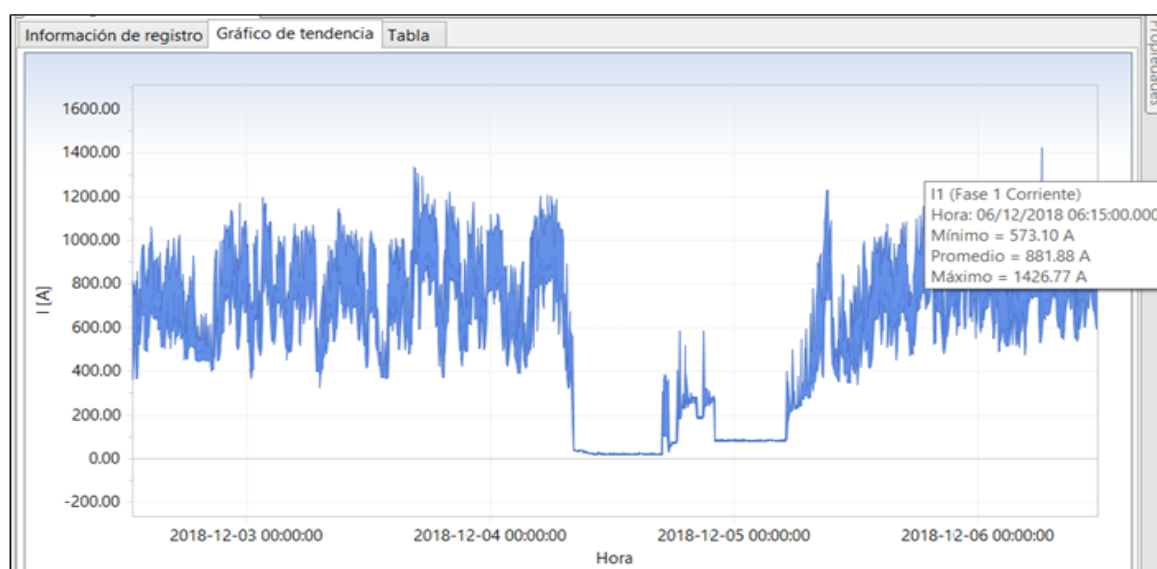
**Tabla 7.** Valores de corriente en fases.

Registro corriente	Fase R	Fase S	Fase T
Máximo	1,426	1,483	1,436
Promedio	881	901	893
Mínimo	573	584	582

Fuente: Catalogo FLUKE 435- El Autor

### Figura N° 25.

La tendencia mostrada se observa la variación del consumo o flujo de carga debido a la variación de la demanda de los circuitos conectados, se observa un consumo. Donde su valor máximo de corriente es de 1426.77 Amperios.



*Figura 25.* Valor máximo de corriente.

**Figura N° 26.**

En la figura podemos verificar con mayor precisión el balance de corriente durante el tiempo de monitoreo tomando en cuenta un periodo más representativo, con el objetivo analizar la buena operatividad en los equipos eléctricos.

Se toma como representación los valores promedios (med) de cada fase y obtenemos R=881.88; S=901.30; T=893.46. Concluimos que existe un desbalance de 20 amperios entre las fases R y S. que representa un 3.3% permisible.

Información de registro		Gráfico de tendencia		Tabla							
	Corriente										
	I1			I2			I3				
	Min [A]	Med [A]	Max [A]	Min [A]	Med [A]	Max [A]	Min [A]	Med [A]	Max [A]		
06/12/2018 05:35:00.000	746.09	798.00	1104.04	762.67	816.30	1118.55	749.14	801.48	1105.48		
06/12/2018 05:40:00.000	743.46	838.33	1119.01	761.69	858.09	1136.97	746.32	842.02	1124.25		
06/12/2018 05:45:00.000	742.91	787.44	995.49	758.83	806.12	1034.51	746.26	792.54	1005.88		
06/12/2018 05:50:00.000	744.91	789.47	1040.60	761.10	807.94	1076.44	751.46	796.06	1047.08		
06/12/2018 05:55:00.000	741.48	788.49	1004.83	754.61	808.74	1044.81	743.82	795.06	1016.12		
06/12/2018 06:00:00.000	671.95	759.09	954.00	689.40	776.04	990.80	686.58	767.98	971.81		
06/12/2018 06:05:00.000	531.17	602.76	795.73	542.55	616.01	833.22	540.84	615.05	816.32		
06/12/2018 06:10:00.000	534.36	759.89	888.39	548.28	776.48	900.03	550.09	772.37	901.37		
06/12/2018 06:15:00.000	573.10	881.88	1426.77	584.32	901.30	1483.37	582.53	893.46	1436.83		
06/12/2018 06:20:00.000	574.55	672.25	846.76	585.91	684.85	878.53	583.91	684.18	860.53		
06/12/2018 06:25:00.000	639.37	699.94	948.73	651.73	715.01	984.60	649.87	708.89	968.56		
06/12/2018 06:30:00.000	650.98	721.14	916.38	664.46	736.83	939.77	657.03	726.90	924.78		
06/12/2018 06:35:00.000	635.88	718.18	968.42	642.52	730.59	996.04	639.14	722.66	974.42		
06/12/2018 06:40:00.000	674.45	732.55	951.45	685.52	746.73	981.63	678.39	737.74	964.94		
06/12/2018 06:45:00.000	667.40	723.22	948.31	681.45	738.66	971.75	671.56	728.73	949.04		
06/12/2018 06:50:00.000	656.15	728.89	958.44	671.22	745.47	984.76	658.90	735.16	961.12		
06/12/2018 06:55:00.000	662.25	719.90	988.23	673.84	734.74	1017.45	666.77	725.90	998.36		
06/12/2018 07:00:00.000	659.64	724.39	997.89	673.54	741.36	1025.09	664.62	730.60	1001.38		

Figura 26. Registro estadístico de valores de corriente.

### ✓ Análisis de Armónicos

Según la (NTCSE); los valores eficaces (RMS) de las tensiones armónicas (THDv) no deben superar del 5 al 8% de distorsión armónica en tensión.



### Figura N° 27.

podemos verificar la distorsión armónica THDv que no superan los valores permisibles según norma NTCSE. Los valores registrados de THDv es 2.9% lo cual no supera los límites establecidos.

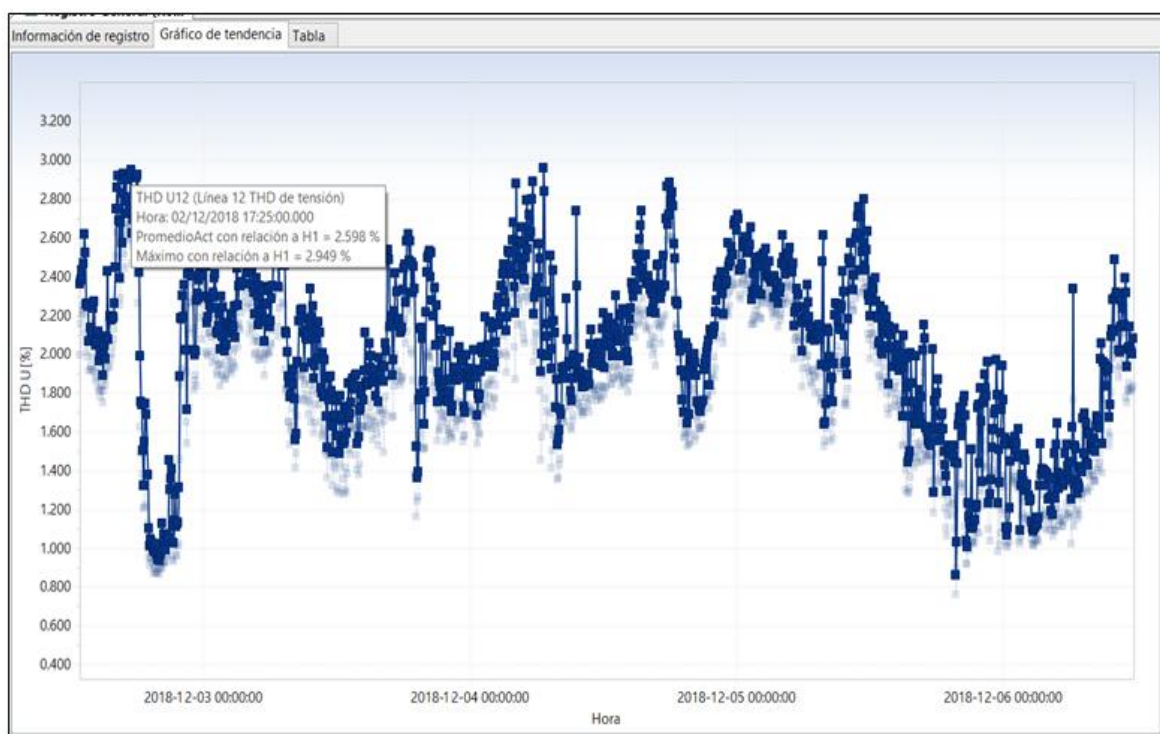


Figura 27. Distorsión armónica de transformadores.

### Contenido Armónico en Tensión -hasta el 50 Armónico.

Las tenciones armónicas individuales. - son los valores eficientes de las tenciones armónicas, se expresó como porcentaje en este caso por la tención nominal cuando el punto de la medición respectiva, no se deben superar sus valores límite que se indican en las siguientes tablas estadísticas.

Se analiza según la tabla del análisis de armónicos individuales según la ntcse.

### Análisis de armónicos individuales según la ntcse

Los valores registrados de los armónicos de tensión fueron evaluados del uno al 50 armónico, considerando como el más representativo el 5° armónico, el cual indica que supera los parámetros permisibles de acuerdo a Normas Nacionales e Internaciones.

### Figura N° 28.

En la figura podemos verificar los parámetros registrados del valor máximos (2.015%) y mínimos de la 5ta armónica. No superan el 6% recomendado por la norma NTCSE.

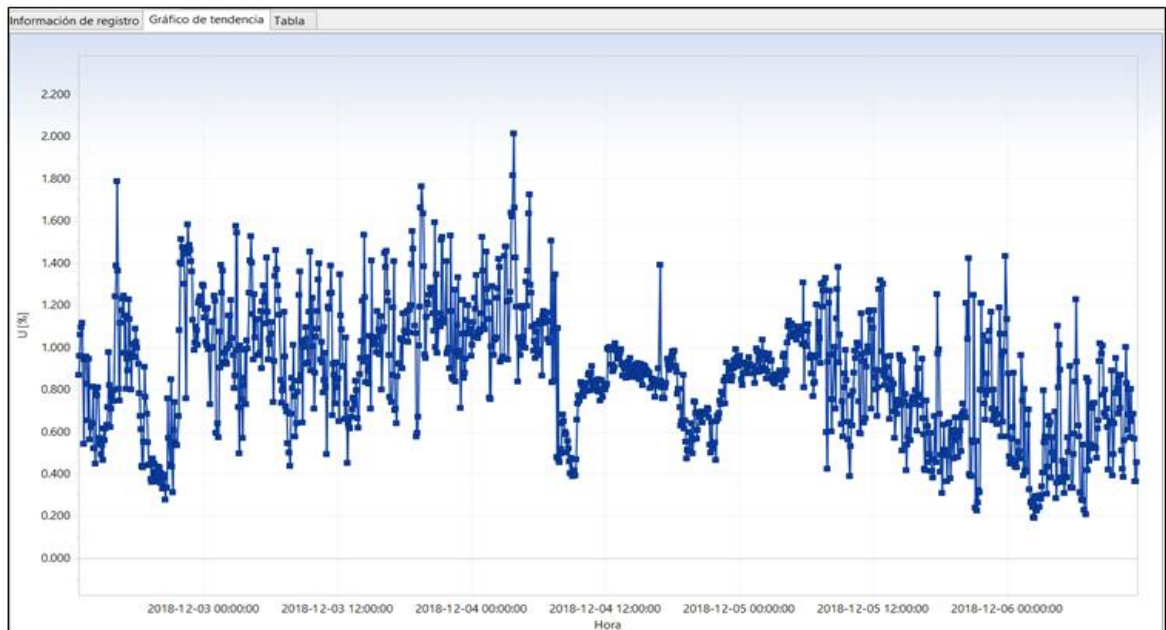


Figura 28. Valores máximos - 5ta armonía.

### Distorsión armónica total de corriente -thdi

Aunque la NTCSE no penaliza la distorsión provocada por las corrientes armónicas, en este estudio serán mostradas para conocer el grado de distorsión por corrientes armónicas dentro de las instalaciones eléctricas. En valores porcentuales con respecto a la fundamental no deben ser mayores al 10% referencial, de acuerdo a las normas internacionales.

Durante el periodo de monitoreo se registraron parámetros promedios de distorsión armónicas de corriente – THDi es 9.63% y como máximo 12.70%.

También es importante mencionar, que se registraron parámetros mínimos y máximos de THDi de más de 40%, estos registros son producidos sin cargas por lo tanto no se consideran.

### Figura N° 29.

se puede verificar los parámetros máximos con carga del THDi con un valor de 12.70% que supera los parámetros recomendados, recordemos que las corrientes armónicas afectan notablemente a los equipos sensibles, tarjetas electrónicas y se alarga el tiempo de la vida útil de dichos equipos.

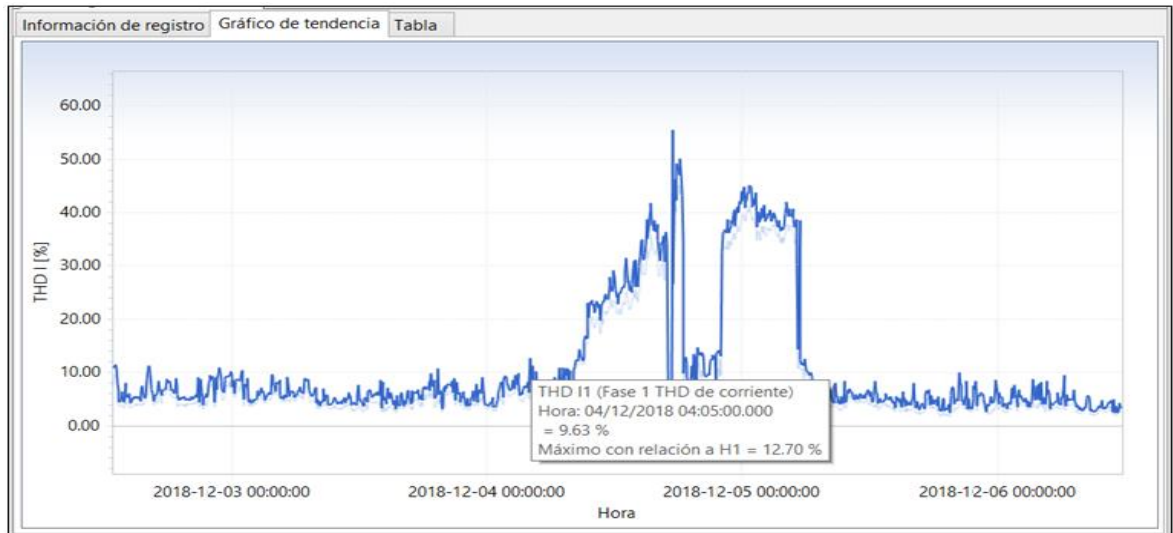


Figura 29. Valores de distorsión armónica total THDI.

### Figura N° 30.

Podemos verificar la tendencia valores del THDi 12.70%, los cuales fueron comparados con la corriente –Flujo de corriente de carga y la Potencia Activa, cabe indicar que existe una distorsión que puede ser controlada.

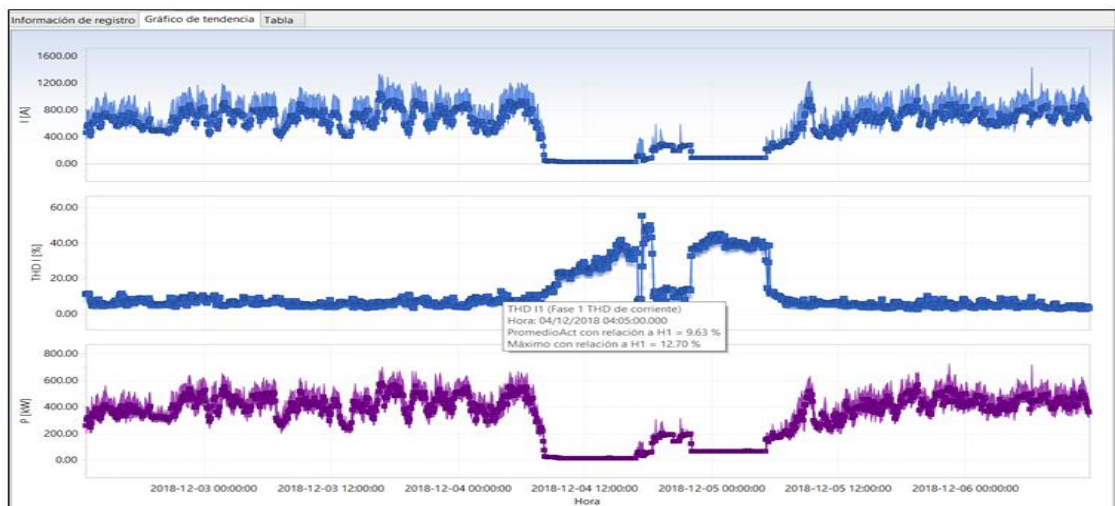


Figura 30. Corriente- flujo de carga y potencia activa.

✓ **Factor k.**

Tomemos en cuenta que cuando existe una distorsión armónica THD (v, i) dentro del sistema, afecta gradualmente al Transformador. En su gran mayoría de estos casos cuando se transforma se alimenta cargas no lineales en este transformador se hace presente sobrecalentamiento, ya sea allá alcanzado su kva nominales de placa.

factor K, es la capacidad que tiene un transformador puede soportar distorsiones armónicas.

Durante el monitoreo se pudo registrar valores máximos, mínimos y el promedio del factor “K” registrado durante el periodo de medición es 1.14 los valores registrados están dentro de los parámetros permisibles.

**Figura N° 31.**

podemos verificar que el valor promedio del factor K es 1.14 y no existe nivel de alarma por estar dentro de los parámetros permisibles.

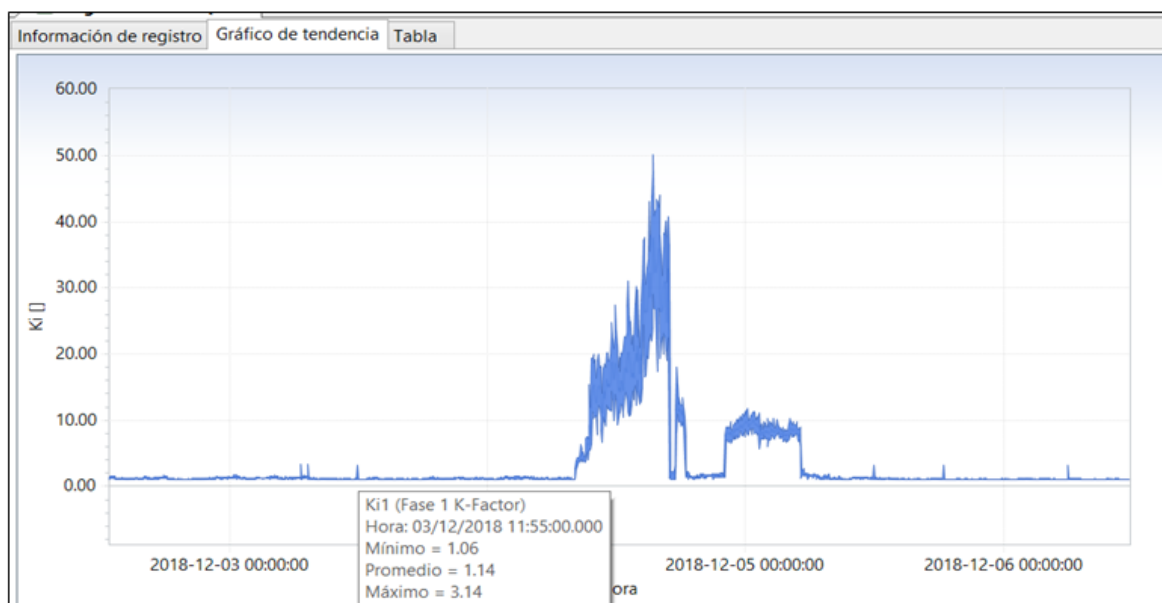


Figura 31. Factor y tendencia.

### Figuras N° 32.

Verificamos la corriente y el factor K del transformador y se puede concluir que los valores se incrementan significativamente cuando el sistema tiene poco consumo de corriente tal como se visualiza en el siguiente cuadro.

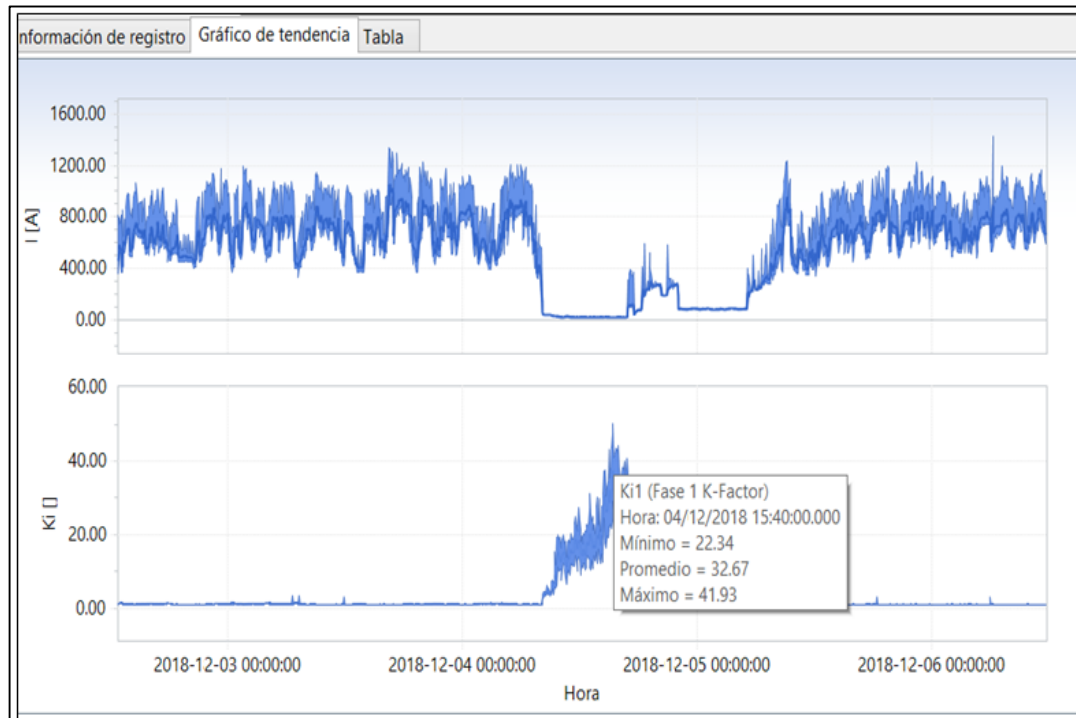


Figura 32. Corriente y factor y tendencia.

### 3.7 Desarrollo de la propuesta

#### 3.7.1 Propósitos

Mejorar su calidad de su energía en empresa Allus Spain de la ciudad de Chiclayo, para cumplimiento de la Norma sobre el Uso consiente de la Energía en este tipo de empresas; se realizó la corrección del factor de potencia. Ya no se pagará la penalización a la empresa distribuidora de energía.

#### 3.7.2 Acciones para mejorar la calidad de energía

Con el estudio realizado se concluye que se debe revisar el factor de potencia en la Sub Estaciones Eléctricas A, ya que por esta razón la institución recibe penalización por la empresa distribuidora. La penalización mensual promedio por bajo factor de potencia (FP) en el período de enero- diciembre de 2018 es de S/3,151.44 (tres mil cientos cincuenta y uno con 44/100 nuevos soles), por lo tanto, a continuación, se exponen la propuesta para la compensación de reactivos y por ende reducir el bajo Factor de potencia.

### 3.8 Metodología a aplicar

Existen varios tipos de métodos para la compensación de reactivos: en el presente estudio se utilizó; El método de las potencias que consiste en utilizar los datos que salieron en el analizador de redes, con este resultado se pudo hallar la potencia del banco de condensadores.

### Método: cálculo de la compensación de potencia reactiva a partir de datos del analizador de red

#### ❖ Para subestación “a”

**Tabla 8.** Resumen de parámetros de factor de potencia.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	FACTOR POTENCIA	FACTOR DESEADO
01	01Transformadores 1000kVA 10/0.40 kV	0.771	0.98

Fuente: Catalogo FLUKE 435.

Para aplicar la siguiente fórmula del cálculo del banco de condensadores necesitamos además el fp deseado que para nuestro estudio es de 0,98 como se propone en el presente método.

$$Q_C = P \times [\tan(\cos^{-1}(\phi_1)) - \tan(\cos^{-1}(\phi_2))]$$

Dónde:

$P$  = Potencia Activa

$\phi_1$  =Angulo del FP obtenido en mediciones

$\phi_2$  =Angulo del FP deseado

- $Q_{C1} = 724.6 \times [\tan(\cos^{-1}(0.771)) - \tan(\cos^{-1}(0.98))]$

$$Q_{C1} = 724.6 \times [0.825 - 0.203]$$

$$Q_{C1} = 450.7$$

En este tablero de los transformadores de 1000 kVA tendrá un Banco de capacitores según catálogo (comercial) de 480 kVAR y 230 voltios.

La compensación automática, debe depender de la de como acomodarse en las distintas diferencias de la potencia reactiva que se requiere en la instalación echa, para así conseguir el factor de P que se necesita optimizar.

Con el mecanismo de la compensación automática está formada por 3 elementos que son los principales internamente:

- El regulador:** es el que mide el  $\cos \phi$  del circuito y ordenar a los contactores para así acercarse lo más que se quiere al  $\cos \phi$  que se deseado 0.98, asiendo la conexión en diferentes pasos de potencia reactiva.
- Los contactares:** estos equipos son los encargados de conecta los diferentes condensadores que forman parte del banco.

El número de secuencias que sea realice en un equipo de la compensación automática depende mucho de las salidas que se presente en el regulador.

- c. **Los capacitores:** son dispositivos que forman la energía reactiva al circuito. Siempre y cuando la conexión interna del circuito este echa en triangulo.

Para el funcionamiento del equipo de compensación automático se necesita tomar los datos del circuito, estos son dispositivos externos que actúan correctamente en el equipo:

- a. **Lectura de intensidad:** en este caso se debe conectar el transformador de intensidad que registre el consumo de corriente de la instalación.
- b. **Lectura de voltaje:** Normalmente se incorpora en el equipo de control del banco de capacitores en esta manera daremos una conexión de potencia de la misma manera y con esto se tendrá este valor. Cuando se tiene la información de la instalación esta nos permitirá regular y realizar el cálculo del  $\cos\phi$  que existente en el circuito en toda las maneras y nos capacita para realizar y tomar la decisión de introducir según los pasos la P.R.
- c. Es necesaria la alimentación del mismo y de acuerdo a la tensión del circuito de mando del banco de capacitores, los cuales disponen de terminales para este efecto para:

- **Sub estación A**

230voltios- 400 voltios.



### 3.9 Diseño y presupuesto del banco de capacitores

#### 3.9.1 Banco de capacitores a instalar

El banco de condensadores a instalar en el caso tomaremos como ejemplo a los transformadores de 1000kVA correspondiente a la sub estación “A”.

Para la corrección del factor de potencia es de 480 kVAR, la compensación es automática, debe adecuarse a las variaciones de P.R, que se requiere en la instalación. El tablero de control del banco de capacitores de 480 kVAR, posee un transformador de aislamiento el cual sirve para aislar las sobretensiones, separar fallas y abolir los transitorios por maniobra al momento que ingresan los capacitores a la red.

El escalonamiento o regulación física de un banco de capacitores automático se indica los componentes y el número de conjuntos del condensador – contactores que forman parte del circuito. Que dando normalmente en expresar como relación de la potencia en la primera escalona si con el resto de escalones.

En este caso el banco de condensadores está formado por los siguientes escalones de potencias: 6x60 kVAR, 3x30kVAR, 2x15kVAR, se puede regular 1.1.2, en el primer escalón tiene el mínimo de potencia que el siguiente escalón. La forma de adaptarse a la demanda de potencia reactiva dependerá de las necesidades de reactivos que requiere la red.

Este banco de condensadores estará controlado por el regulador VARLOGIC NR12 el cual permite hasta 12 niveles distintos con lo que optimizan el costo del equipo proporcionando un máximo de la regulación.

El tipo de materiales utilizados para este banco se describe a continuación en el presupuesto.

**Tabla 9.** Presupuesto del banco de condensadores de 480 kvar para subestaciones "a".

ÍTEM	MATERIALES	CANTIDAD
1	Gabinete metálico mural de plancha metálica fe de 1.8 mm de espesor puerta con chapa y llave, pintura anticorrosiva y acabado con pintura ecológica al horno, capa transparente tipo poliéster con barras de cobre electrolítico	1
2	Interruptor termo magnético principal de protección siemens 3x1200 Amp.	1
3	Condensadores de 6x60 kvar, 3x30 kvar, 2x15 kvar.	10
4	Contactores especiales para maniobra de condensadores siemens.	10
5	Regulador de energía reactiva 12 pasos (máximo)	1
6	lámparas de señal.	10
7	Barras colectoras de cobre electrolítico	3
8	Transformadores de corriente 1200/5a	2
9	Relés auxiliares de mando para axionamiento de los condensadores	10
10	Protección física y eléctrica de barras con plancha y aislante	16
11	Cableado de mando y fuerza	15
12	Porta fusibles con fusibles nh 100 a / 220, 10ka	24
13	Fusibles nh de protección 32a, 250v	24
14	Bases portafusiles de mando 25a/220v	4
15	Fusibles de mando de loza de 5a, 10a, 30a	4
16	Borne de puesta a tierra	1
ÍTEM	MATERIALES	PRECIO
1	Banco automático de condensadores 480 kvar	US\$ 16,135.00

Fuente. Propia

### 3.10 Como elegir el banco de capacitores

Son tres datos que se definen un banco automático de capacitores siendo:

- ✓ La potencia en kVAR, está formado por el cálculo efectuado y esto dependerá del  $\cos\phi$  y del objetivo, que se desea tener en el circuito.
- ✓ La tensión nominal. - en este caso siempre deberá tener la mayor o igualdad a tensión de la red.
- ✓ La regulación del banco. - que se indicará el escalonamiento físico de la misma.
- ✓ El tablero de control del banco de condensadores de 480 kVAR, además posee un transformador de aislamiento el cual sirve para aislar las sobretensiones, separar fallas y abolir los transitorios por maniobra al momento que ingresan los capacitores a la red.

El escalonamiento o regulación física de un banco de capacitores automático

Se indica la composición del número de conjuntos condensados –contactor de en si lo forman. Aplicando la normalidad se suele decir o expresar con una relación de la potencia del 1° escalón del resto de escalones.

#### **Ejemplo:**

Banco de condensadores de 480 kVAR, se formada por los siguientes escalones de potencias: 60+60+60+60+60+60+30+30+30+15+15, tiene una forma de regulación de 1.1.2, ya que el primer escalón tiene el mínimo de potencia que el siguiente escalón. Es una adaptación de la demanda de potencia reactiva dependerá de las necesidades de reactivos que requiere la red.

Un banco de condensadores bien elegido aplicando el punto de vista técnico y de su adaptación  $\cos\phi$  y su objetivo cuando se realice las pruebas, de menor sea su regulación eléctrica mejor se podrá poner o adaptar a las variaciones de la demanda de la reactiva del circuito.

### 3.10.1 Cálculo de la capacidad del condensador (en microfaradios)

Se eligió un banco 480 kVAR según nuestros resultados con el equipo analizador de redes empleando para las mediciones de la empresa ALLUS SPAIN.

Se seleccionó un banco de condensadores con los siguientes pasos: 6x60 kVAR; 3x30 kVAR; 2x15 kVAR; Se han seleccionado según catálogo comercial.

1. Calculo de capacidad del condensador para (60,30,15) kVAR.

$$Q_{TOTAL} = 2 \pi f .C.V^2$$

$$C_{TOTAL} = \frac{Q_{TOTAL}}{2\pi f V^2}$$

Dónde:

$Q_{TOTAL}$  = Resistencia reactiva

$f$ = frecuencia

$V$ = tensión nominal

$$a.) C_{TOTAL} = \frac{60000}{2(13.1416)(60)(220)^2}$$

$$C_{TOTAL} = 3288.33 \mu f$$

$$b.) C_{TOTAL} = \frac{30000}{2(13.1416)(60)(220)^2}$$

$$C_{TOTAL} = 1644.16 \mu f$$

$$c.) C_{TOTAL} = \frac{15000}{2(13.1416)(60)(220)^2}$$

$$C_{TOTAL} = 822.08 \mu f$$

La Capacidad de los condensadores son:

$$60 \text{ kVAR} = 3288.33 \mu f$$

$$30 \text{ kVAR} = 1644.16 \mu f$$

$$15 \text{ VAR} = 822.08 \mu f$$

### 3.10.2 Programación del regulador

Al realizar la puesta en marcha nos damos cuenta en el programa del regulador cuales son:

- a. El  $\cos \phi$  deseado en el circuito.
- b. La relación C/K.

Son datos únicos de cada circuito y no se puede programar de fábrica.

### 3.10.3 Qué es el c/k

Cuando se regula los componentes que se deciden en la entrada o salida en los distintos escalones de la potencia en función de 3 parámetros.

- a. El  $\cos \phi$  que se desea en el circuito.
- b. El  $\cos \phi$  que existe en cada momento en el circuito.
- c. La intensidad del primer escalón.

La intensidad del regulador efectúa siempre una señal a través de un TI de relación X/5. Cuando el regulador toma la decisión de conectar o desconectar el escalón se debe saber de cuanta ira a ser la intensidad reactiva que se piensa introducir en el del circuito, y su intensidad que debe estar referida en el secundario del TI ya que siempre que lee el regulador sea lo correcto.

Cuando se programa este valor es como se conoce como C/K y su fórmula es la siguiente:

$$C/K = \frac{Q_1}{\frac{\sqrt{3} X U}{RTI}}$$

donde:

$Q1$  = potencia reactiva del primer escalon (VAR)

$U$  = tension FF

$RTI$  = relacion  $TI(\frac{X}{5})$

**Ejemplo:**

Banco de 480 kVAR, formada por los siguientes escalones de potencias: 6x60 +3x30+3x15 kVAR Se conecta a un circuito donde el Interruptor Termo magnético de protección es de 1200 A. El TI que se deberá instalar será 1200/5 y el cálculo del C/K será:

$$C/K = \frac{\frac{30 \times 1000}{\sqrt{3} \times 220}}{\frac{1200}{5}} = 0.328$$

### 3.10.4 La importancia del ajuste del c/k

Cuando se tiene una importancia del ajuste C/K siempre pensemos en cada banco de capacitores teniendo en cuenta los escalonamientos en un mínimo definido.

Es por ende el motivo el banco de condensadores no siempre se podría realizar el ajuste al  $\cos\phi$  que se desea no saber que la demanda del circuito coincida adecuadamente con el valor o el múltiplo del mismo.

Por esta razón el banco de condensadores no realiza el ajuste exactamente a la clara demanda de la reactiva que se realizó en cada instalación, por ende se creó una banda de funciones estables del regulador en lo cual a pesar del  $\cos\phi$  no llegue a ser exacta se desea no conectar no desconectar más escalones. En esa banda C/K; por muy encima de la banda C/K el regulador ira a conectar escalones y por debajo los desconectara.

Cuando tiene un ajuste bien bajo del C/K implicaría un sobre trabajo inútil de los contactares; un C/K demasiado alto se supone que tiene una banda estable excesivamente ancha, y por ende no se podría alcanzar el  $\cos\phi$  deseado.

El regulador proporciona el posible ajuste automático del C/K bajo una condición de su carga en su instalación. El ajuste manual nos permitirá introducir valores de C/K desde **0,01 hasta 1,99** pudiendo ver en pantalla el valor ajustado.

### 3.11 Evaluación económica de la propuesta

#### **Subestación “a”**

1. Tablero Distribución del transformador de 1000kVA = 480 KVAR de 11 pasos  
(15 – 15 – 30 – 30 – 30 – 60 – 60 – 60 – 60 – 60 – 60 KVAR)

US\$ 16,135.00 (Tipo de cambio S/3.4) = S/54,859.00

Por lo tanto, en la compensación de la subestación A

**Inversión total = 54,859.00**

### 3.11.1 Evaluación económica:

La ventaja de orden económico debido a la implementación de este banco de capacitores es muy importante, no solamente en la rebaja de los importes de las facturas de electricidad; si no en el aspecto técnico del sistema.

A continuación, se detallarán los concernientes a un año que viene efectuando la empresa Allus Spain, por concepto de consumo de energía R.

**Tabla 10.** *Consumo de energía reactiva por 1 año empresa Allus Spain.*

MES	CONSUMO TOTAL S/.	E. REACTIVA REGISTRADA (kVAR)
Ene-18	38,437.00	2,098.4310
Feb-18	38,949.00	2,129.7600
Mar-18	39,565.00	2,232.5600
Abr-18	42,765.00	3,543.8540
May-18	35,895.00	4,094.9100
Jun-18	38,093.23	3,277.9200
Jul-18	38,634.30	3,599.8000
Ago-18	38,500.43	5,903.6900
Set-18	38,389.02	2,876.3200
Oct-18	38,100.01	2,865.6000
Nov-18	38,500.54	2,873.7650
Dic-18	38,500.68	2,320.6700
SUBTOTAL		37,817.27
IGV (18%)		6,807.11
TOTAL		44,624.38

Elaborado por: El Autor

Según la información se observa que en el transcurso del año se ha efectuado el pago de S/ 44,624.38 (cuarenta y cuatro mil seiscientos veinticuatro con 38/100 nuevos soles), instalando los bancos de condensadores se puede eliminar estos gastos.



**Inversión:**

Los bancos de condensadores seleccionados son automáticos de 480 kVAr de la subestación “A”. El costo de los bancos de condensadores para la sub estación A= S./ 54,859.00 Nuevos soles incluido IGV.

**Retorno de inversión:**

Para verificar el retorno de Inversión se tiene la siguiente fórmula:

$$\text{Retorno de inversión} = \frac{\text{COSTO DE IMPLEMENTACION}}{\text{AHORRO ECONOMICO}}$$

$$\text{Retorno de inversión} = \frac{54,859.00}{44,624.38}$$

$$\text{Retorno de inversión} = \mathbf{1.23 \text{ años}}$$

Lo que indica que el retorno de la inversión para la implementación de los módulos de compensación tanto para la Sub Estación A es aproximadamente 1 años 2 meses aproximadamente.

#### **IV. DISCUSIÓN**

- ❖ Cuando se habla de ahorro de energía se entiende como un trabajo en equipo, por lo que se busca involucrar a las personas y trabajadores técnicos, dando como fin con la propuesta de una implementación de gestión de la eficiencia energética.
- ❖ Esto se llevará a cabo realizando una prueba periódicamente de todas las formas en los tableros eléctricos, y de las formas inadecuadas de conexiones y de los falsos contactos en los circuitos que sean causantes de mayor consumo eléctrico y esto nos lleve a tener pérdidas en fugas.
- ❖ Evitando la operación en simultaneidad de motores, más que todo los de baja potencia y de gran capacidad, para que disminuya el valor máximo de la demanda.
- ❖ así mismo se recomienda un mantenimiento preventivo del Transformador, un periodo mínimo se debe realizar los mantenimientos teniendo como fecha a los 6 meses, en el caso de no a ser el mantenimiento esto causara recalentamientos excesivos y esto con llevar al aumento de pérdidas en la instalación.

## V. CONCLUSIONES

Después de realizado el estudio y análisis de carga de la empresa Allus Spain se ha llegado a las siguientes conclusiones.

- Analizando los indicadores energéticos; dentro de los parámetros tensión, los cuadros muestran que, durante la campaña de mediciones, la Subestación Eléctrica “A” no supera el  $\pm 5 \%$ . La cual indica que si cumple con lo establecido por la NTCSE.
- Al aplicar la propuesta dada en capítulo IV respecto a la compensación del bajo factor de P de la subestación eléctrica “A” se estaría cumpliendo, con las normas sobre el buen uso de la energía eficientemente en la empresa, la cual es llegar a tener un factor de potencia de 0.98 como valor referencial.
- A pesar de que existe un área de mantenimiento en la empresa Allus Spain no hay un área específica e implementada se lleva a cabo el control del parámetro de calidad en energía.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar un banco automático de condensadores ya que se registraron 480 kVAR, que no están siendo compensados. A pesar que se paga por Energía Reactiva, pero también consideremos que son pérdidas que se ven reflejada en equipos, conductores y perdidas en el sistema.

En el factor de potencia de se indica la forma eficiente como estamos utilizando la energía.

2. Corregir el desbalance de cargas (corrientes) que se incrementa cuando aumenta la carga máxima desbalances entre las fases R y T. el porcentaje de desbalance comprende aproximadamente al 34% (97-130 Amp.) (105 – 147 Amp.) generalmente en las cargas monofásicas.

3. Se ha realizado las mediciones de las puestas a tierras que existen en la empresa Allus Sapin con la finalidad de complementar nuestro análisis y forma parte del estudio; de lo cual se recomienda que la medición de la PAT-6 del tablero general del área de grupo electrógeno es de  $14\Omega$ , por lo que se recomienda bajar a  $5\Omega$ , y realizar mantenimientos periódicos no mayor a 7 meses.

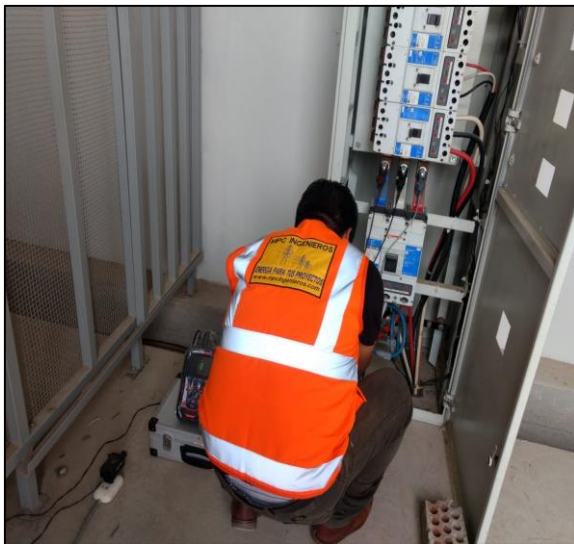
4. Con referencia a la distorsión Armónica generado en el sistema podemos indicar que los efectos producidos tenemos que controlarlos o eliminarlos del sistema.

## REFERENCIAS

- **BARRERO, Federico.** Análisis Topológico y Funcional de Acondicionadores para la Reducción de Perturbaciones en la Red Eléctrica. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Escuela Técnica Superior de Ingeniero Industriales, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control. Madrid, España. 2000, pp.24.
- **CAMPOS, Jesus.** Analysis and Design of a Series Voltage Compensator for Three-Phase Unbalanced Sources, IEEE Trans. on Industrial Electronics. 2000, pp.2.
- **DUGAN, R, MC Granaghan, M, BEATY, H.** Electrical power systems quality, edición McGranw-Hil. 2019, pp.60.
- **EDMINISTER, Jairo.** Circuitos Eléctricos. 2000.
- **FLECHAS, Juan.** Calidad de la potencia eléctrica. 2008, pp.20.
- **IZA, Edison.** Metodología para la determinación del Factor de Potencia de cargas no lineales en un sistema de distribución. Ecuador 2001, pp. 65.
- **Norma Técnica De Calidad De Servicios Eléctricos (NTCSE 020-97-EM).**2007, pp.45.
- **SCHNEIDER, A.** Compensation de la Energy Reactive. 2007, pp.45.
- **TELLO, Rolando.** Mantenimiento hospitalario del II programa de titulación profesional de la Universidad Pedro Ruiz Gallo Lambayeque 2017, pp. 20.

## ANEXOS

### Anexo 01- panel fotográfico instalación del analizador de redes – fluke 435



## Anexo 02

### Transformador y tableros



### Anexo 03

#### Análisis de los resultados obtenidos



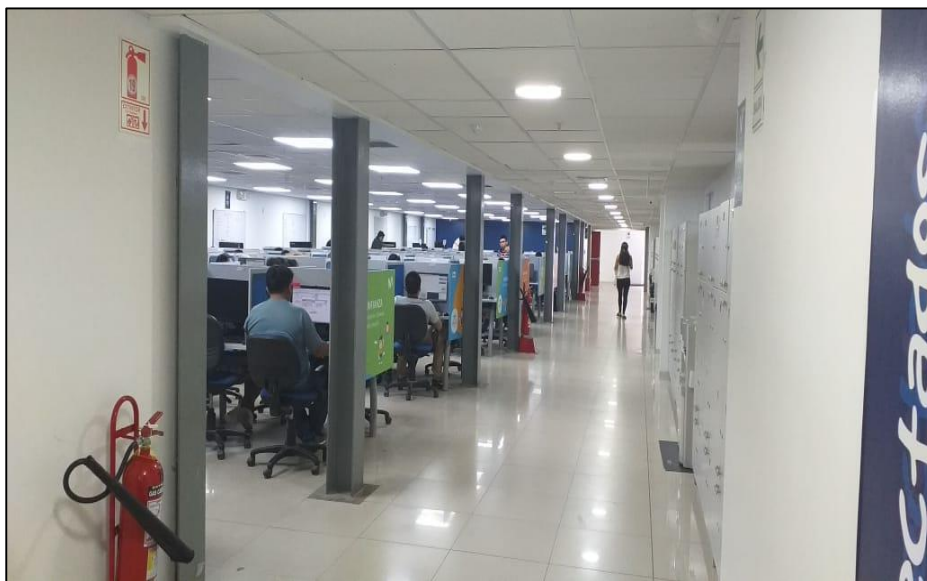


## Anexo 04

### Instalaciones de la empresa



**Anexo 05**  
Ambientes de la empresa

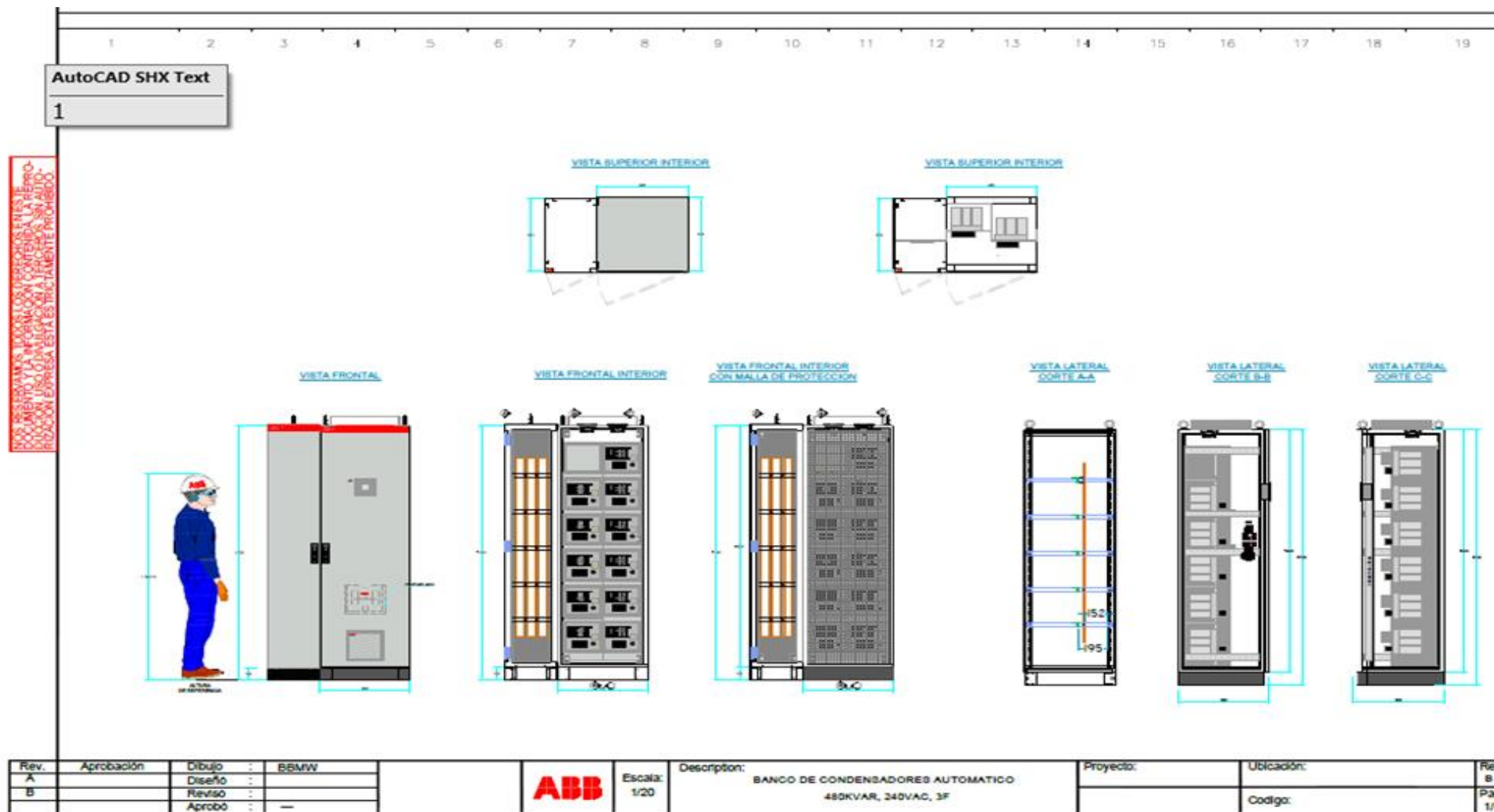


Anexo 06  
Tolerancias

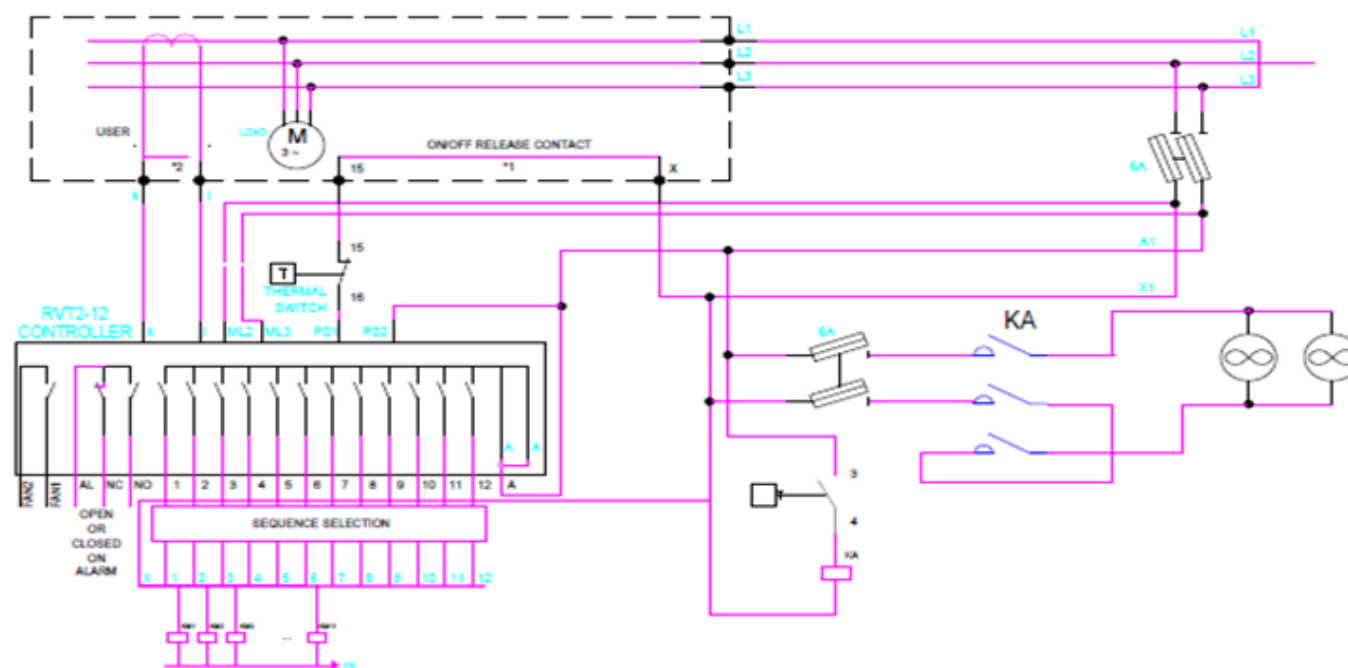
ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA ó THD	TOLERANCIA  Vi'  ó  THD'  (% con respecto a la Tensión Nominal del punto de medición)	
	Alta y Muy Alta Tensión	Media y Baja Tensión
(A. Impares no múltiplos de 3)		
5	2	6
7	2	5
11	1.5	3.5
13	1.5	3
17	1	2
19	1	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
Mayores de 25	$0.1 + 2.5/n$	$0.2 + 12.5/n$
(A. impares múltiplos de 3)		
3	1.5	5
9	1	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
(Pares)		
2	1.5	2
4	1	1
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores de 12	0.2	0.2
THD	3	5/8

## Anexo 07

### Planos eléctricos del Bancos de Condensadores



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19



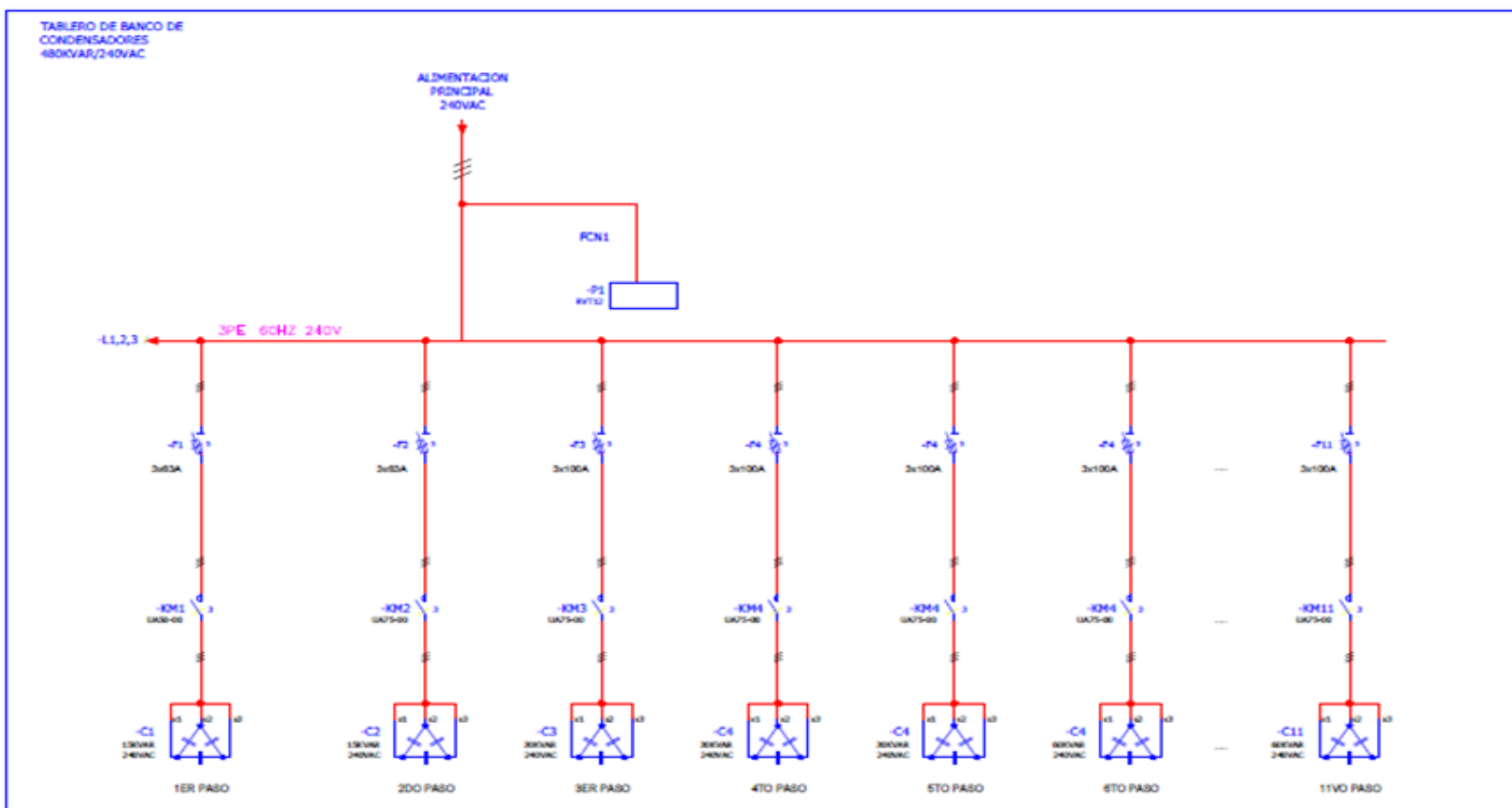
General drawing, some steps may not exist

\*1 Bridge to remove for remote control

\*2 Bridge to connect for maintenance

Rev.	Aprobación	Dibujo	:		<b>ABB</b>	Escala:	1/20	Proyecto:	Ubicación:	Rev.
A		Diseño	:					B		
B		Revisó	:					Pág.		
		Aprobó	:					3/3		

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19



Rev.	Aprobación	Dibujó	: BSM/V		ABB	Escala:		Proyecto:	OP 0181205	Ubicación:		Rev.
A		Diseño	:			1/20						B
B		Revisó	:					AS		Código:		Pág.
		Aprobó	:									2/3